ENDEAVOUR

Revista trimestral designada a registrar el progreso
de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN V JULIO 1946 NUMERO 19

La educación científica

De todos los cambios acaecidos a la Ciencia durante las últimas décadas ninguno más impresionante que la enorme aceleración con que se han venido acumulando los nuevos datos referentes a los fenómenos naturales. Dichos datos son, como es natural, la materia prima de la Ciencia, y su reciente profusión es signo de salud; pero es también posible, al mismo tiempo, exagerar su importancia intrínseca. El progreso de la Ciencia depende, no sólo del descubrimiento de nuevos datos, sino del valor de éstos para el establecimiento de nuevos principios o la confirmación de los ya aceptados. Unos simples experimentos, por ejemplo, le fueron suficientes a Dalton para confirmar su creencia en su propia teoría atómica, pero sólo el genio de un Dalton pudo haber percibido la significación total de aquellos datos, o haber mostrado que todo un enorme cuerpo de conocimientos ya existentes podía resumirse ahora en una sola generalización.

Por lo que a laboratorios y preparación científica se refiere, el científico del día se halla mucho mejor equipado que sus predecesores, aun de hace dos o tres generaciones. Pero es muy dudoso que haya sabido adquirir la amplia visión requerida por la enorme importancia que está adquiriendo hoy día la Ciencia. Nadie deseará negar que existen en el Imperio Británico y en el resto del mundo civilizado un sinnúmero de hombres de ciencia de gran mérito, cuyo brillo — tanto dentro del campo científico mismo como en más amplias zonas de actividad humana — es tan intenso como el de cualquier grande hombre de las épocas pasadas. Sin embargo, su número es muy reducido en comparación con las decenas de millares para quienes la Ciencia significa poco más que un medio para ganarse la vida, y quienes se inclinan — suponiendo que den a la materia consideración alguna — a considerar su importancia para la Humanidad como puramente utilitaria. Tal estado de cosas se hace, quizás, inevitable cuando una ocupación profesional se sobre-satura; pero la actitud y base cultural general del científico contemporáneo contrasta notoriamente con las del hombre de ciencia típico de siglos pasados. No era mera coincidencia el que las lumbreras de la Edad de Oro de la Ciencia — que comenzó con los *Principia* de Newton y terminó con el descubrimiento de la radioactividad — fuesen hombres de amplia cultura (en el mejor sentido de tan desafortunada palabra), no sólo preparados para separar la verdad del error y para encajar los hechos en un diseño general de leyes naturales, sino dotados también de gran erudición y conocedores de las Bellas Artes. El retorno del moderno científico a la más liberal preparación y concepción de antaño podría, acaso, serle muy ventajoso, para él mismo y para su trabajo.

Publicamos en el presente número un artículo del Profesor T. A. Stephenson que ofrece un ejemplo admirable de una de las direcciones en que las artes pueden ofrecer asistencia a la Ciencia. El autor combina su conocimiento científico con una facultad artística que le permite transmitir una impresión de los arrecifes de coral a un tiempo exacta y vívida, satisfactoria intelectualmente y de alto placer estético. Un catálogo de especies, variedades, distribución, colorido, etc., sería sin duda suficiente para determinados fines; pero ninguna relación de objetos o fenómenos naturales que desdeñe su valor estético puede ser completa. La belleza estimula el pensamiento y la imaginación; su apreciación crítica es parte de la educación liberal que postulamos para el científico, pero que tan rara es.

Es preciso admitir que existen numerosas dificultades para dar a los estudiantes de ciencias tal educación de una mayor amplitud. El estudiante económicamente independiente que sigue sus estudios por su puro interés es hoy muy raro,

habiendo cedido paso al científico profesional. La expansión misma de la Ciencia hace cada día más difícil la adquisición de los refinamientos culturales que tan estrechamente relacionados se hallaban con sus éxitos iniciales, y, muy a menudo, el científico siente la necesidad de dedicar prácticamente toda su energía y atención a su trabajo científico. Existe también una tendencia creciente hacia la especialización, y la clásica sub-división de la Ciencia en Física, Química, Biología, Geología, etc., resulta hoy inadecuada. Ciertos estudios de ámbito mucho más limitado, tales como la Bioquímica, Física nuclear o Micología, ofrecen amplios campos de investigación aun para los experimentadores más capacitados. Se ha definido al especialista como el hombre que sabe más y más acerca de menos y menos, y es indiscutible que antes de que el joven científico se aventure en una dirección determinada debe poseer, o al menos debe saber donde puede hallarse, todo un conjunto de conocimientos ya adquiridos sobre la especialización a que se haya de dedicar. En la mayoría de los casos, y debido a razones económicas, es esencial que esta disciplina preliminar se complete en el término más breve posible; de donde resulta que es casi siempre imposible que el estudiante dedique siquiera un trimestre al estudio de materias que no estén inmediatamente relacionadas con su preparación profesional.

Como el tiempo disponible para la educación cultural queda así tan severa y quizás inevitablemente limitado, es muy de desear que el estudiante de ciencias goce de todas las oportunidades posibles para aprovechar el poco tiempo de que dispone. Es indudable que tanto los graduandos como los graduados, particularmente en las universidades de antigua tradición, gozan de facilidades para formar una base cultural razonable, pero la mera provisión de facilidades no es suficiente: es necesario un esfuerzo más decidido por parte de las autoridades a fin de que no se desaprovechen.

En ciertas universidades se acostumbra, o se acostumbraba hasta hace poco, a que los estudiantes de Letras cursen por lo menos una materia científica. El plan es excelente, y debiera ser adoptado, *mutatis mutandis*, para los estudiantes de Ciencias. El inconveniente de la ciencia universitaria es que prepara a los jovenes para seguir una carrera científica, pero en muy pocas ocasiones les sirve para otra cosa. El estudiante de lenguas clásicas, de historia o de filosofía no se convierte, por lo general, en un clasicista, historiador o filósofo profesional. La educación científica universitaria debiera dar a los graduados idéntica libertad de elección, lo que, a la larga, resultaría altamente beneficioso para la Ciencia, para el estudiante, y para la comunidad entera.

Debe recordarse que la especialización intensa de los cursos universitarios afecta no sólo el futuro del estudiante, sino también su pasado, ya que las escuelas e institutos donde se preparan los estudiantes universitarios tienen que ajustarse, si no en teoría a lo menos en la práctica, a las demandas que la Universidad establece como nivel necesario para su ingreso. Y así, los muchachos que van a ingresar en las Facultades de Ciencias tienen que comenzar a especializarse dos o tres años antes de terminar su Bachillerato, con lo que la estrechez de miras queda establecida aún con anterioridad a sus días universitarios.

Existe aquí un problema evidente, para el que no se ofrece una solución simple. Quizás sea mejor intentar varias soluciones parciales que una total que comprenda el problema todo. Por ejemplo, se podría acaso utilizar el valor cultural de la Ciencia misma mediante la inclusión del estudio de la Historia y de la Filosofía de la Ciencia, o de ambas, como parte integral del currículo universitario. La Historia de la Ciencia tiene interés intrínseco y puede ser de gran valía; es muy significativo que la mayoría de los sabios que han contribuído fundamentalmente al progreso del conocimiento científico han sido cuidadosos estudiantes de su historia. Y sin embargo, muy pocas universidades incluyen entre sus estudios la Historia de la Ciencia, pudiendo repetirse lo mismo de su Filosofía.

El progreso de la Ciencia ha dependido de la existencia de hombres capaces de pensar en los más amplios términos y de percibir la unidad dentro de la diversidad. Tales mentes no pueden amamantarse sólo en la Ciencia; y mucho menos pueden desarrollarse en el área parroquial de la misma.

Redactor: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, London, S.W.1.

Las migraciones de los vertebrados

J. GRAY

Aunque el fenómeno de la migración ha despertado siempre gran curiosidad, sólo ha recibido la atención que merece en una época relativamente reciente. Estudios detalladísimos han establecido los datos fundamentales de las migraciones de los tipos vertebrados, pero es aún incierta su interpretación, tanto en lo que se refiere a las razones que causan la migración como a los medios con que se realizan las largas jornadas que implica. En el presente artículo, el Profesor Gray resume la tendencia de las opiniones modernas.

Entre los animales vertebrados, los ciclos de movimiento estacional son especialmente característicos de ciertas formas acuáticas y aéreas: peces, aves, focas, ballenas, y algunos murciélagos. Todos estos casos presentan dos problemas fundamentales: 1) ¿Qué es lo que determina el momento, dirección y extensión del movimiento migratorio hacia lo que es casi invariablemente un lugar de procreación? 2) ¿Cuál es la razón y la manera en que el animal, o su descendencia, abandonan el lugar de procreación para regresar al original punto de partida?

Entre los peces, el ejemplo clásico de la migración a gran distancia nos lo ofrecen la anguila y el salmón; otros peces, que son la base de importantes industrias, como el bacalao, realizan también movimientos migratorios, no tan espectaculares, pero bien significativos. El bacalao (*Gadus morrhua*) aparece distribuído en el Océano en grandes bancos, que actúan, más o menos, como una entidad independiente. El punto principal de alimentación de uno de los bancos más importantes se halla en las frías aguas del relativamente poco profundo mar que rodea Spitsbergen, las Islas de los Osos y del mar de Barents; en ellas pasan su adolescencia los alevines, creciendo rápidamente, alimentados por el abundante plancton. Alcanzan su madurez sexual a los ocho años, migrando entonces hacia la costa O. de Noruega donde forman densos bancos de desove en las cercanías de las Islas Lofoten. En dichas aguas se desarrollan las huevas, flotando las larvas pasivamente hacia el N. en las corrientes predominantes, mientras que los adultos se mueven más lentamente en idéntica dirección. Al fin, padres e hijos se reúnen en los campos de alimentación. Como ha señalado el Dr. E. S. Russell, este caso, y otros muchos de migración piscina, se ajusta a la regla de que los peces adultos nadan contra la corriente antes de desovar, mientras que los huevos y alevines son arrastrados pasivamente por la corriente hacia los campos de alimentación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que una corriente constante no puede servir al pez de indicación sobre su posición geográfica; únicamente cuando el pez recibe un estímulo visual, o algo semejante (como al nadar cerca del fondo del mar), puede controlar sus movimientos en relación con puntos de la costa. Por otra parte, una masa de agua que tenga gradientes específicos de temperatura o salinidad puede ofrecer al pez un medio de orientación, ya que posee éste la facultad de percibirlos con extraordinaria precisión.

Un arrastre similar de alevines hacia los focos de alimentación queda ilustrado por el desplazamiento oriental, a través del Atlántico, de las crías de la anguila europea; aunque podemos únicamente conjeturar hasta qué punto se debe la migración contra la corriente de agua dulce de los adultos a factores hidrográficos. De idéntico modo, sólo podemos conjeturar el punto hasta el cual el movimiento migratorio occidental de los adultos, una vez en el mar, es una progresión constante hacia aguas más y más hondas, o su dependencia de la acción pasiva de las corrientes oceánicas. Como quiera, el caso del salmón es, entre todas las migraciones piscinas, el que ofrece forma más curiosa, ya que, según las investigaciones realizadas durante los últimos años, parece que el pez adulto muestra una marcada tendencia a volver a los ríos en que habitó cuando era un esguín. Los datos en que se basa tan extraordinaria teoría se derivan de las observaciones llevadas a cabo en las diversas especies del salmón del Pacífico (*Onchorhynchus*) en los Estados Unidos y el Canadá. En 1929, Rich y Holmes mostraron que el salmón real (*O. twchawytcha*) que entra en el ramal principal del río Columbia, lo hace en dos distintas migraciones, una en la primavera y otra en el otoño. Los que entran en la primavera ascienden contra la corriente unos 150 km.,

dirigiéndose luego hacia el S. e introduciéndose en el río Willamette; los que forman la migración otoñal, nadan continuamente hacia el E., hasta alcanzar las aguas altas del Columbia. Se procedió al marcado de gran número de esguines, obteniéndose dos importantes conclusiones: 1) los peces que se desarrollaron en los ríos Willamette y Columbia respectivamente vuelven a sus ríos originales, habiéndose pescado un número muy elevado de peces en pequeños arroyos tributarios de los que se derivan parte del conjunto total de esguines marcados; 2) los peces nacidos de las huevas de ejemplares del río Willamette, pero incubados y criados en el alto Columbia, vuelven, cuando son adultos, a este último, aunque realicen la migración durante la primavera, que es el período propio del movimiento hacia el Willamette. Semejante fenómeno fué observado por Davidson entre el salmón rosa (*O. gorbuscha*) y por Foerster en *O. nerka*. En este último caso, los esguines fueron marcados y soltados en el río Cultus, un pequeño tributario del Fraser; de un total de 967 peces adultos recapturados, 83% lo fueron en el río Cultus, y el 17% restante en las zonas marinas de pesquería, sin que ninguno de ellos perteneciese a un distrito de desove distinto. Tales resultados indican que los peces adolescentes tienen un sentido topográfico muy agudo cuando se encuentran en agua dulce, debido, suponemos, a un sistema de estímulos de temperatura, oxigenación y composición química del agua; es muy posible que el pez «recuerde» dichos estímulos, asociándolos con la proximidad a ciertas zonas de desove. Debe tenerse en cuenta que aún no poseemos suficientes conocimientos acerca de la extensión y dirección de los movimientos migratorios de los peces en el mar antes de regresar al lugar de desove. Hasta ahora todos los datos obtenidos se limitan a dos animales individuales (*O. gorbuscha*) que fueron marcados cuando alevines por Pritchard en Morrison Creek, en la Isla de Vancouver. Uno de dichos peces fué capturado el 19 de agosto de 1943 en la Bahía de Deep Water del estrecho de Johnstone (72 km. al N. de Morrison Creek) y vuelto a pescar en Morrison Creek el 6 de Octubre; el segundo pez fué apresado el 30 de agosto de 1943 frente a la Isla de Lopez, en el Puget Sound (185 km. al S. de Morrison Creek) y vuelto a pescar en Morrison Creek el 6 de Octubre. Dichos datos indican que esta especie de *Onchorhynchus* cubre distancias relativamente grandes desde la desembocadura de los ríos de origen, presentándosele, durante su viaje de vuelta, oportunidades para introducirse en los ríos donde desovan otros peces. Por otra parte, hasta que se hayan investigado concienzudamente estos puntos, debe dejarse abierta esta cuestión de la interpretación del fenómeno del «retorno al hogar» de los peces. La necesidad de otros estudios se hace más manifiesta cuando consideramos los datos que nos ofrece el salmón atlántico (*Salmo salar*) de la costa oriental del Canadá. Huntsman llegó a la conclusión de que los esguines que regresan al río de origen no se desplazan nunca en el mar más allá de la zona en la que la desembocadura del río continúa ejerciendo una influencia física o química, y por lo tanto, una migración hacia la costa les conduce automáticamente hacia las cercanías de su propio río; todavía no se ha podido probar que los peces que se desplazan a grandes distancias regresen al punto de origen. Y de nuevo, la exactitud en el movimiento de retorno en los *Onchorhynchus* parece variar con el número de posibles lugares de desove que se ofrecen al pez en su viaje de vuelta; si sólo existe un sitio que ofrezca las condiciones requeridas ya no es necesario el concepto de «memoria», puesto que dicho lugar podía ser hallado por el pez en sus exploraciones desordenadas. En oposición a las conclusiones alcanzadas por Rich y Holmes con el salmón pacífico, White y Huntsman concluyeron que los movimientos primaverales y otoñales del salmón atlántico están determinados por el carácter de la corriente en que se cría el esguín y no por la constitución genética del animal. En el caso del salmón británico, existen pruebas circunstanciales en favor de la actividad de «retorno», siendo muy de desear que no se retrasen los estudios necesarios sobre este punto. Tales investigaciones no deben limitarse al estudio detallado de la fisiología y movimientos del pez, sino que debe incluir una revisión muy cuidadosa de la hidrografía de las regiones que éste atraviesa.

La actividad migratoria durante el período de reproducción es muy común entre los anfibios, dándose también movimientos semejantes entre los reptiles anfibios; pero en ningun caso se pueden aproximar en magnitud a las migraciones de los peces y aves. Aunque la distancia evolutiva entra dichas dos clases de vertebrados es grande, las características esenciales de sus migraciones parecen curiosamente semejantes: en ambos casos se encuentran los movimientos encajados en ciclos de actividad reproductiva o nutritiva. Sin embargo, el ciclo migratorio de las aves está más estrechamente relacionado con los ciclos anuales del cambio estacional que el de los peces. Ciertas

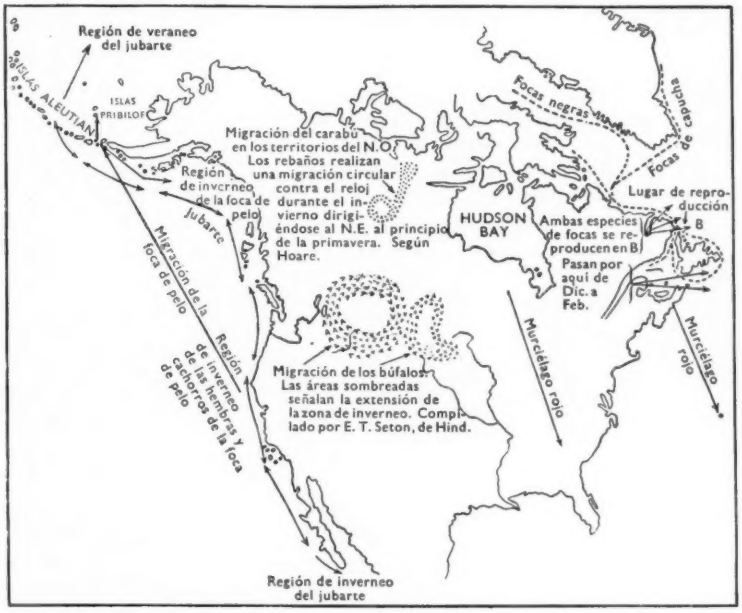


FIGURA 1 – Las rutas de migración de varias especies norteamericanas. *Diversas especies cetácicas pasan el verano en el Océano Artico y el invierno cerca de la costa de la Baja California. La residencia invernal de los murciélagos migrantes no es muy bien conocida, pero han sido cazados en barcos en alta mar y en las Islas Bermudas.*

(Mapa reproducido por cortesía de McGraw-Hill Publishing Co. Ltd.)

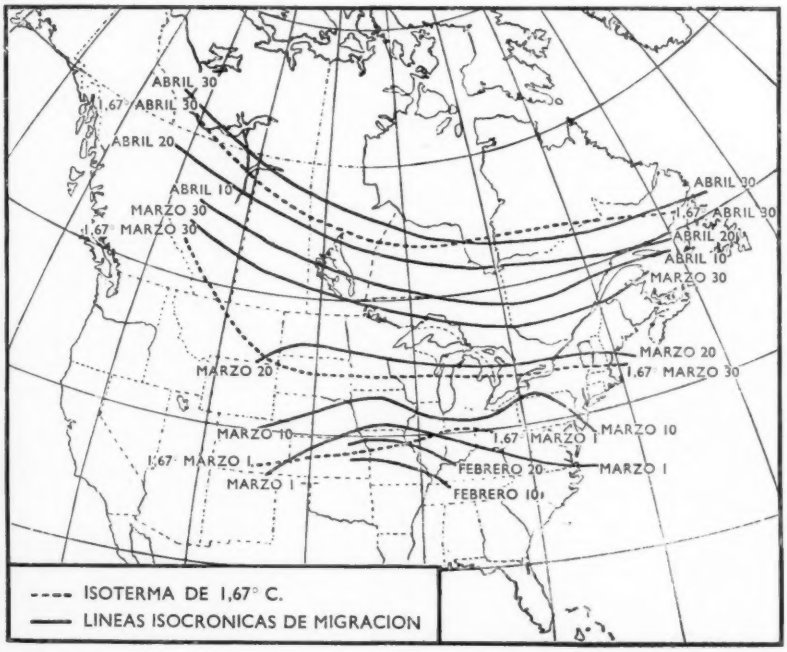


FIGURA 2 – Migración de la oca canadiense. *El movimiento septentrional marcha con el avance de la primavera, coincidiendo en este caso el avance de la isoterma de 1,67° C. con el de las aves.*

(Mapa reproducido por cortesía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.)

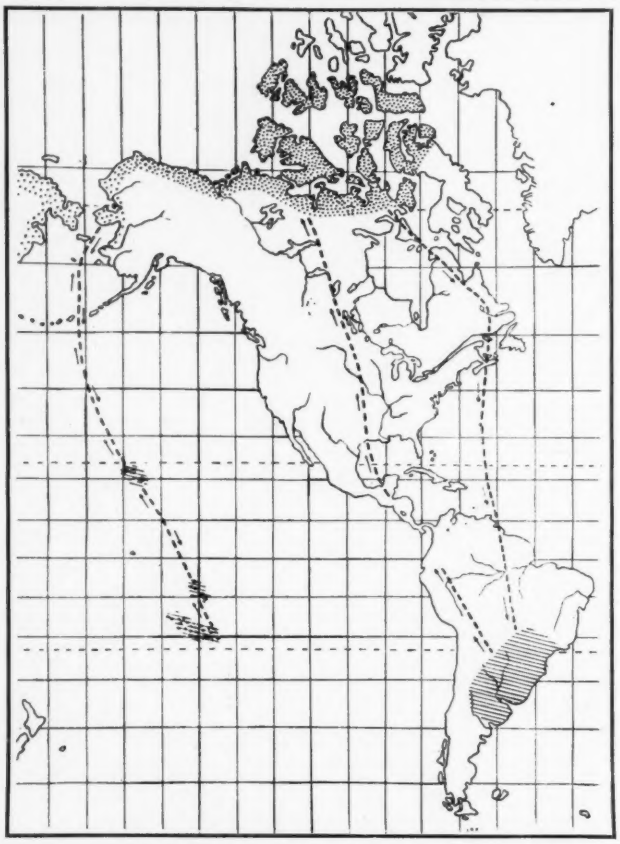


FIGURA 3 – Distribución y migración de la avefría dorada, Charadrius dominicus. *Los adultos del tipo oriental* (Ch. dominicus) *migran a través del N.E. del Canadá alcanzando, tras un vuelo sin parada, la costa de Sudamérica. Regresan en la primavera por el valle del Mississippi. La entera ruta forma una gran elipse con un eje mayor de* 12.800 *km. y el menor de* 3.200. *Las avefrías doradas del Pacífico* (Ch. fulvus) *que crían en Alaska, realizan, al parecer, un vuelo sin parada a través del Océano hasta Hawaii, las Islas Marquesas y el Archipélago bajo, regresando en la primavera por idéntica ruta.*

(Mapa reproducido por cortesía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.)

aves tropicales pueden mostrar definidos fenómenos migratorios como consecuencia de condiciones locales; pero los movimientos migratorios más extensos e interesantes se dan principalmente entre las especies que extienden su campo de reproducción a las zonas templada y ártica. Es, por lo tanto, razonable asumir que los hábitos migratorios han sido introducidos en la vida de las aves por factores climatológicos que han operado o bien durante la pasada historia de la especie o durante la vida de los ejemplares existentes. Debemos confesar francamente, sin embargo, que los datos obtenidos no encajan fácilmente en una explicación simple y convincente. En líneas generales, el movimiento migratorio en el hemisferio norte es hacia el N. en la primavera y hacia el S. en el otoño. De dicha forma, el ave evita los rigores del invierno septentrional, aprovechándose del largo día del verano de dichas regiones mientras cría a sus pequeñuelos. En cada especie este movimiento migratorio se produce dentro de fechas de cierta constancia todos los años, habiéndose supuesto desde hace ya mucho que el factor operante debe hallarse en el creciente período de luz diurna y en el aumento de la temperatura media durante el día o la noche. Rowan mostró que la variación artificial en el período de iluminación de juncos y cuervos producía un efecto profundo sobre la maduración de ovarios y testículos, afectando al mismo tiempo la actividad migratoria. Sin embargo, esta influencia de la luz en las gonadas no sirve para explicar la migración septentrional de las aves que invernan en los trópicos, o de los animales jóvenes (como las bubías) que migran hacia el N. antes de alcanzar la madurez sexual. Aún más, es muy difícil aceptar la teoría de la influencia de la luz cuando la migración primaveral se produce de O. a E., como parece ser el caso de los estorninos que anidan en el norte de Alemania. Las observaciones de Kendeigh sobre los abadejos orientales (*Troglodytes aedon aedon*) indican que la migración está regulada más bien por la temperatura que por la luz; en la primavera y primera parte del verano las aves tienden a desplazarse de las regiones donde se dan temperaturas diurnas muy elevadas, hasta que la traslación migratoria queda detenida en las latitudes en que el elevado metabolismo requerido para proteger al animal contra las bajas temperaturas nocturnas no puede ser contrarrestado por el alimento que puede consumir durante el día. Esta opinión parece contar con el apoyo de las observaciones de que el gradiente de migración septentrional sigue bastante estrechamente el de una línea isoterma, el cual varía con las distintas especies. Con todo, es muy difícil comprender como tales cambios de

temperatura diurna pueden operar en aves que invernan en la zona tropical.

Idéntica dificultad existe para explicar la razón por la cual un ave migra de la zona donde anida; en casos extremos, el decreciente período para la alimentación diurna, acompañado de la decreciente temperatura nocturna, pueden producir ciertas condiciones en las que el ave debe migrar o morir, pero los datos obtenidos no parecen indicar que sean siempre tales los factores primarios o predominantes. Aun dentro del límite de una sola especie, el período de alejamiento del lugar de anide de ciertos ejemplares traslapa el período de migración reversa de otros. Y del mismo modo, se conocen otros casos en los que sólo cierta parte de la población muestra movimientos migratorios. El cuadro más comprensivo de un ciclo migratorio típico es el descrito por Thomson, quien sugiere que se trata esencialmente de una expresión de un ritmo genético inherente de cambio metabólico o de comportamiento (*behaviour-pattern*) cuya iniciación puede quedar acelerada o retardada por ciertos factores ambientales. Esta concepción explica la actividad migratoria de aves que invernan en los trópicos, pero implica la herencia de un mecanismo que responde a un factor ambiental extraño, en tal manera que limita los movimientos del ave a una sola dirección. Podría obtenerse valiosa información respecto a la naturaleza de dicho factor mediante el cuidadoso estudio del punto hasta el cual los factores climatológicos forman gradientes definidos dentro del límite de movimiento diario no migratorio del animal, y de la facultad de percepción de dichos gradientes que posee el sistema sensorio de éste en las diversas fases de su ciclo reproductivo. Sin embargo, como hemos de mostrar más adelante, la facultad de un pájaro de volver a su nido después de haber sido pasivamente desplazado del mismo no está siempre limitada a la dirección característica de su migración estacional.

La existencia de un factor extraño que limita los movimientos del ave a una dirección particular es una de las características más interesantes y asombrosas de todos los fenómenos biológicos. ¿Cómo controla el ave la dirección de su vuelo migratorio, y sobre todo, cómo hace para regresar, muchos meses más tarde, a su punto de partida tras un viaje de varios cientos o miles de kilómetros? Tales cuestiones deben quedar sin respuesta hasta que poseamos conocimientos más completos y exactos respecto a la dirección de vuelo durante el conjunto todo del ciclo migratorio. En términos generales, existen dos tipos de teoría: 1) Las que postulan la existencia de guías sensoriales mediante las cuales el pájaro se dirige hacia una determinada meta. 2) Las que consideran que el regreso del ave es el resultado de una exploración más o menos sistemática, sin la ayuda de guías sensoriales.

La mayoría de los viejos mapas de rutas migratorias apoyan la idea de que el ave sigue una definida « línea de vuelo » indicada por marcas sobresalientes en el paisaje: costas, valles, ríos, accidentes marinos y cordilleras. Es, sin embargo, evidente que este método visual de navegación no sirve para explicar ciertos hechos bien establecidos. En primer lugar, la distancia desde la cual algunas especies pueden regresar con toda certeza es mucho mayor de la que se puede

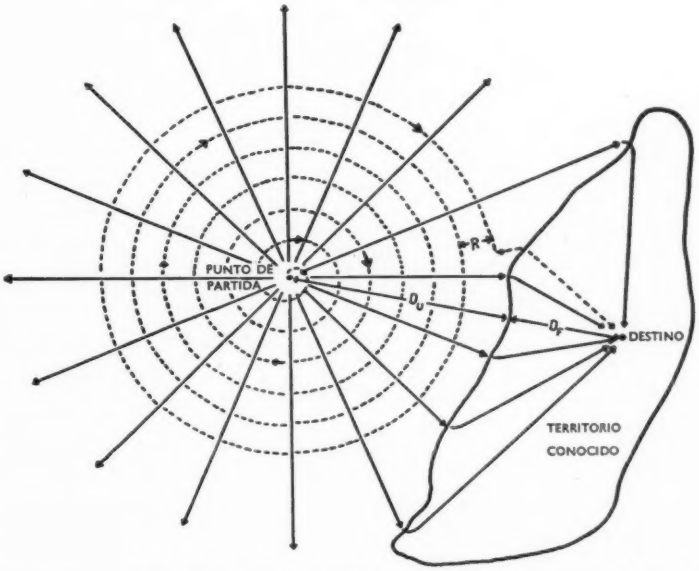


FIGURA 4 – *Rutas hipotéticas de vuelo de aves en viaje de regreso por dispersión radial (líneas) y por exploración en espiral (puntos). En el ejemplo ilustrado, de dieciseis pájaros sólo cinco llegaron a su destino por medio de la dispersión radial, cubriendo distancias* 1,03, 1,04, 1,18, 1,67 *y* 1,7 *veces mayores respectivamente que la distancia directa* DF + DU. *El ave del vuelo en espiral hubiera tenido que cubrir una distancia* 13,3 *veces mayor que la directa.*

(*Reproducido por cortesía de* Quarterly Review of Biology.)

esperar razonablemente que tengan previa experiencia visual; muchos estorninos han regresado a Berlín desde casi todos los lugares de Alemania después de jornadas forzadas que variaban entre 40 y 650 km.; patos criados en Louisiana han regresado desde la costa pacífica a la atlántica en los Estados Unidos; picotijeras nativos del Sur de Gales han regresado desde Venecia. En segundo lugar, muchas de las migraciones más espectaculares significan largos y continuados vuelos sobre el mar, lejos de la costa. Así, el cuclillo (*Calcites lucidus*) que inverna en las Islas Salomón y cuyo vuelo al área de anide supone una jornada transatlántica de unos 1.500 km. En tercer lugar, los datos obtenidos recientemente parecen apoyar la teoría de que las migraciones se producen a menudo en un ancho frente, y el curso seguido en el viaje de retorno puede ser muy diferente del del viaje primero. Segun Moreau, la migración de la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*) a través de Egipto ocurre en un frente de unos mil kilómetros, por lo que muchas de las aves deben realizarla fuera del campo de visión de puntos de orientación tales como el valle del Nilo. Muchas de las dificultades de la teoría de la orientación visual desaparecerían si se pudiese probar que las aves utilizan también fenómenos celestes como puntos de referencia para sus movimientos normales diarios; pero no existe hasta hoy día prueba alguna que apoye dicha suposición. Las limitaciones de la percepción visual como base de orientación aérea introducen la posibilidad del uso de otro tipo de percepción. Exner, Meise y otros han sugerido que los pájaros pueden usar los canales semicirculares de los órganos propioceptores de los músculos y articulaciones para percibir desviaciones del vuelo en línea recta. Sin embargo, las pruebas experimentales no son muy convincentes, no habiéndose llevado a cabo ningun experimento en el que las condiciones fuesen tales que excluyesen el uso de toda percepción visual; es más, la ruta de regreso no es, ni mucho menos, la misma que sigue el ave en su primer viaje. Es altamente improbable que el ave se oriente mediante claves magnéticas o eléctricas. Queda la posibilidad de que el viaje de regreso se realice no por medio de una orientación definidamente sensorial, sino por exploración organizada. Las teorías de este tipo incluyen el tipo de vuelo en espiral que Hodge ha supuesto en las palomas mensajeras: el ave volaría en una línea espiral de radio creciente hasta que por necesidad divisa territorio conocido. Pero es casi inconcebible que tal procedimiento permitiese el retorno de un pájaro a su punto de partida, que puede hallarse a miles de kilómetros de distancia. Más convincente es quizás la sugerencia de Claparede, segun la cual el ave vuela en una línea recta cuya dirección está determinada por la casualidad. Sobre tal base el número de pájaros que llegarían a su punto de destino estaría en razón inversa a la distancia de vuelo y en razón directa con el tamaño del territorio previamente conocido del ave. Griffin ha probado que los datos obtenidos con aves desplazadas artificialmente de su natural localidad concuerdan con esta regla general. Desgraciadamente, existen grandes dudas acerca de la extensión territorial sobre la que vuela el ave durante las fases no-migratorias de su vida. Al mismo tiempo, parece apenas posible que la casualidad sea elemento tan importante en el caso de un ave viajera individual que regresa varios centenares de kilómetros a idéntico lugar de anide durante dos años seguidos, o en el caso de los movimientos del avefría dorada (*Charadrius fulvus*) entre Alaska y Hawaii.

Las migraciones estacionales no son raras entre los mamíferos terrestres, especialmente en las regiones sub-ártica y sub-tropical. En Norteamérica, el alce y el carabú emigran en extensos rebaños hacia zonas de pasto invernal definidas; igualmente, en el distrito africano del río Orange la gacela « springbok » se desplaza durante la estación de reproducción hacia las regiones altas, de más rica vegetación. Pero es entre los tipos acuáticos entre los que se dan ejemplos más espectaculares de migraciones mamíferas estacionales. Uno de los movimientos más interesantes es el de la foca de pelo (*Callorhinus alascanus*), por el que las hembras y los machos adolescentes invernan en regiones tan meridionales como la Baja California, mientras que los machos adultos lo hacen en el golfo de Alaska o cerca de las Islas Aleutian. En la estación de reproducción, estos últimos se desplazan hacia el N., a las Islas Pribilof — pequeño grupo de islotes rocosos al N. de las Aleutian, a unos 320 km. de la tierra más cercana — donde se les reúnen también las hembras, tras un viaje de 4.800 km., que, segun noticias, realizan en línea recta. Estas hembras van preñadas, dando a luz a sus cachorros a pocos días de su llegada; poco tiempo después del destete son cubiertas de nuevo, iniciando otra vez su migración meridional. Aunque sea diferente en muchos respectos, este ciclo general presenta idénticos problemas a los de las migraciones de las aves. En ambos casos, el mecanismo que controla la dirección de

movimiento es muy confuso, y es muy probable que permanezca así hasta que conozcamos mucho más acerca de las propiedades físicas del medio en que se produce dicho movimiento y de la facultad que posee el animal de percibir cambios ligerísimos en dichas propiedades. Debe tenerse en cuenta, al mismo tiempo, que la exacta observación de los movimientos precisos de un ave o un cetáceo individual durante un considerable período de tiempo presenta graves dificultades; teniendo, por ello, que basarnos en datos que contienen, con toda probabilidad, gran número de errores estadísticos; y es muy fácil atribuir excesiva importancia a observaciones aisladas. Idénticas dificultades se presentan cuando se estudia la facultad de los perros de encontrar su camino hacia el hogar. Los relatos de perros que regresaron a su hogar desde largas distancias son muy populares; pero no debemos olvidar la frecuencia con que aparecen anuncios de pérdidas de perros. Y es extraño hallar, en vista de su interés intrínseco, que se hayan hecho tan pocos esfuerzos para estudiar el problema desde el punto de vista científico. Experimentos adecuados y bajo control serían sin duda difíciles, pero no imposibles.

Además de las migraciones estacionales y reproductivas, algunos mamíferos presentan marcados fenómenos de movimientos « emigracionales » que ocurren a intérvalos de relativa irregularidad. Ejemplo clásico es el de la rata escandinava (*Lemmus lemmus*) que vive en colonias en las áridas estepas árticas del E. de Escandinavia; normalmente produce una camada de cuatro o cinco dos veces al año, pero a intérvalos irregulares la población total aumenta grandemente debido, al parecer, a un aumento de su fertilidad. Cuando esto sucede, casi toda la población inicia la emigración hacia los valles occidentales que radían de la meseta montañosa, proceso que continúa hasta que los animales entran en el mar y perecen ahogados. Los datos recogidos por Collett parecen establecer con alguna certeza los siguientes cinco puntos:

1) La migración depende de la existencia de un anormal elevado nivel de densidad de población.

2) No es debida directamente a la falta de alimentación o a cualquier otro factor ecológico; un número limitado de animales permanece en el lugar primero, y de ellos se deriva la nueva población.

3) La emigración no extiende la zona permanente de distribución de la especie.

4) La gran mayoría de los emigrantes perece.

5) La emigración produce un cambio en la psicología del animal, transformándole de una criatura tímida y cobarde en un animal relativamente atrevido, y aún combativo.

Puede describirse el fenómeno total como « una trágica procesión de refugiados, con toda la conducta obsesionada del extranjero mal recibido en un país populoso, que marchan ciegos hacia su varia muerte » (Elton). Estrecha semejanza con esta extraordinaria migración tienen los movimientos en masa de la gacela africana y de otra caza, en ciclos que varían entre diez y veinte años. Descritos por Heape y otros naturalistas, incluyen enorme número de animales que forman anchas y continuas columnas moviéndose hacia el O. durante días y días. Innumerables ejemplares mueren en el camino, hasta que el resto llega al mar donde todas perecen. Estas grandes migraciones no tienen retorno.

La migración unidireccional no está limitada a los mamíferos. El guaco de Pallas (*Syrrhaptes paradoxus*) reside normalmente en el E. de Europa y Asia central, con algunos animales aislados en el O.; pero en 1863, y aún más en 1888, apareció gran número de ellos sobre toda la costa de las Islas Británicas, esparciéndose por el interior. Se conocen « invasiones » comparables, aunque no tan espectaculares, de otras especies. Es posible que tales migraciones se hallen asociadas con las particulares condiciones ambientales, pero es aun más probable que se trate de la reacción de un grupo que ha alcanzado repentinamente una magnitud mucho mayor de la que puede mantener la extensión normal de su territorio. En este respecto parecen estar relacionadas con las espasmódicas migraciones de la langosta, cuyos hábitos migratorios dependen claramente de la densidad de población y, por lo tanto, de circunstancias que favorecen una existencia gregaria.

La revisión total de todos los datos disponibles pone de relieve que cada uno de los problemas que presenta la migración animal está aún por resolver; pero, al mismo tiempo, no parece haber razón para creer que sean insolubles. La estrecha cooperación entre naturalistas, fisiólogos, oceanógrafos y meteorólogos deberá producir, por necesidad, resultados de importancia, siempre que sus observaciones se lleven a cabo en una escala adecuada.

El Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología

H. J. T. ELLINGHAM

El Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología es el resultado de la fusión de otras instituciones ya existentes, la más antigua de las cuales fué fundada hace más de un siglo. Y se debe quizás a este múltiple origen el carácter cosmopolita del Colegio, que le ha dado su presente reputación universal. En el presente artículo, el Dr. Ellingham relata con precisión la historia, un tanto complicada, de los orígenes de la institución y de los muchos y eminentes científicos que estuvieron relacionados con ella, bien como estudiantes o como profesores.

El Colegio Imperial de Ciencia y Tecnología, creado por Carta Real de 1907, es una Federación de tres instituciones que se habían establecido previamente en South Kensington. La más joven de ellas, el Colegio de la Ciudad y sus Gremios, databa de 1884, en que fué fundada como Instituto Central de la Ciudad. Las otras dos, la Escuela Real de Minas y el Colegio Real de Ciencia, ofrecen una historia más larga y compleja que se extiende hasta un antepasado común, la Escuela Oficial de Minas y de Ciencia aplicada a las Artes, que fué establecida en el Museo de Geología práctica de Jermyn Street, en 1851. El Departamento de Química del Colegio Real de Ciencias, tuvo origen, por otra parte, en una institución diferente, el Colegio de Química, que se inauguró en George Street, Hanover Square, en octubre de 1845.

En el segundo cuarto del pasado siglo, se produjo un progresivo reconocimiento de la importancia de las aplicaciones científicas para la más efectiva utilización de las riquezas naturales del país. En 1834, Henry de la Beche convenció al Gobierno para que estableciese el Centro topográfico de las Islas Británicas, y durante su dirección de dicho departamento activó la construcción de un Museo de Geología económica en Craig's Court, junto a Scotland Yard, donde se admitió a un reducido número de alumnos para el estudio de la Mineralogía, Metalurgia y Química analítica. En 1842, un grupo de particulares preparó un plan para la fundación de una Escuela de Química práctica a que propusieron dar el nombre de Sir Humphry Davy. En una reunión celebrada en St. Martin's Place el 29 de julio de 1845, decidieron dar existencia definitiva al propuesto Colegio de Química, eligiéndose una Junta, de la que se prestó a ser Presidente el Príncipe Alberto. Por medio de la intervención personal del Príncipe aceptó el cargo de Catedrático August Wilhelm von Hofmann, a la sazón *Privatdozent* en Bonn.

Se instalaron laboratorios provisionales en una casa de George Street, y el Colegio — que era la primera institución para el estudio de la Química práctica organizada en Inglaterra — abrió sus puertas en octubre de 1845. En Diciembre, la Reina Victoria concedió permiso para que la nueva institución se denominase « Colegio Real de Química », y al año siguiente se establecieron locales permanentes en un edificio construído exprofeso en Oxford Street 299. El espacio de que se disponía, con intención de acomodar finalmente a unos cincuenta estudiantes, fué ocupado inmediatamente por gentes « de todas edades, clases y gran variedad de profesiones, caballeros que se ocupaban de la Química como profesión, o simplemente por gusto, químicos y boticarios, estudiantes de Medicina y doctores ya licenciados, oficiales del ejército, sacerdotes, técnicos agrícolas y fabricantes de todas las ramas de las artes químicas ». Entre los que atendieron a las enseñanzas de Hofmann había muchos que más tarde ejercieron una gran influencia en el desarrollo de la Química y de la Industria. Los cinco primeros años del Colegio produjeron a Sir Frederick Abel, Sir William Crookes, Sir Edward Frankland, Warren de la Rue, William Odling, Frederick Field (que fué el introductor de las fundiciones de cobre en Chile), F. W. Pavy (uno de los iniciadores del estudio de la diabetes), Frederick Dyson Perrins (químico farmacéutico), y Henry Condy (fabricante químico). Los siguientes cinco años dieron a luz a Edward Divers, Herbert McLeod, y Sir William Perkin, que hizo el descubrimiento del primer colorante artificial en 1856, mientras era Auxiliar de investigación en el Colegio.

En 1851 (año de la Gran Exposición en Hyde

FIGURA 1 – *Real Escuela de Minas, en Prince Consort Road, South Kenington.*

FIGURA 2 – *Colegio de la Ciudad y Gremios, en Exhibition Road, South Kensington.*

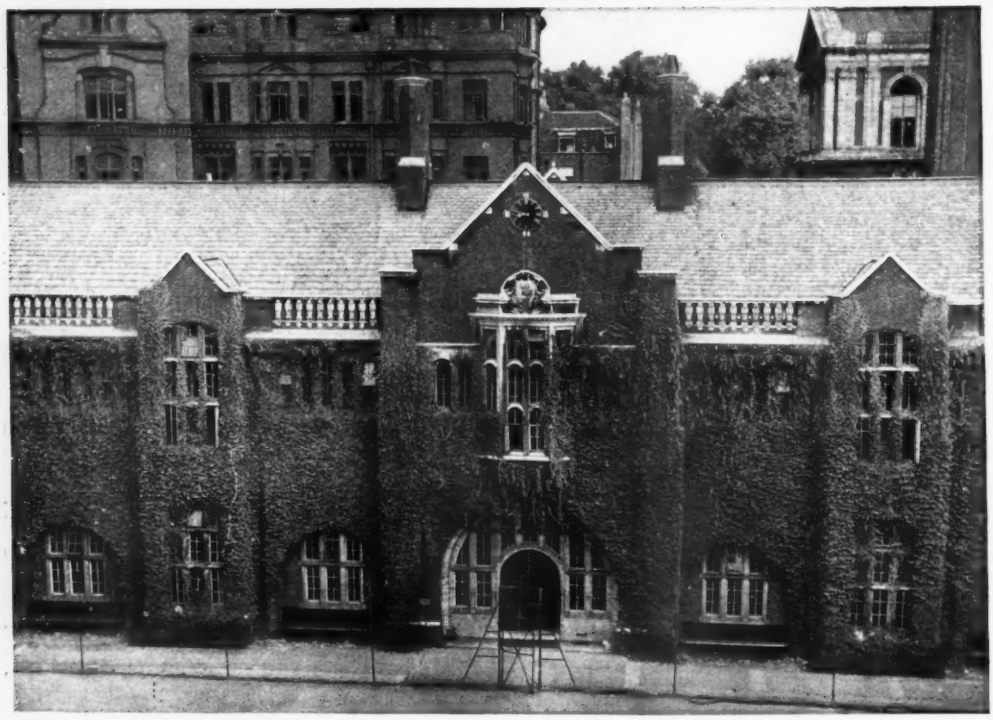


FIGURA 3 (*arriba*) – *Edificio del Centro de Estudiantes del Colegio Imperial, en Prince Consort Road, South Kensington.*

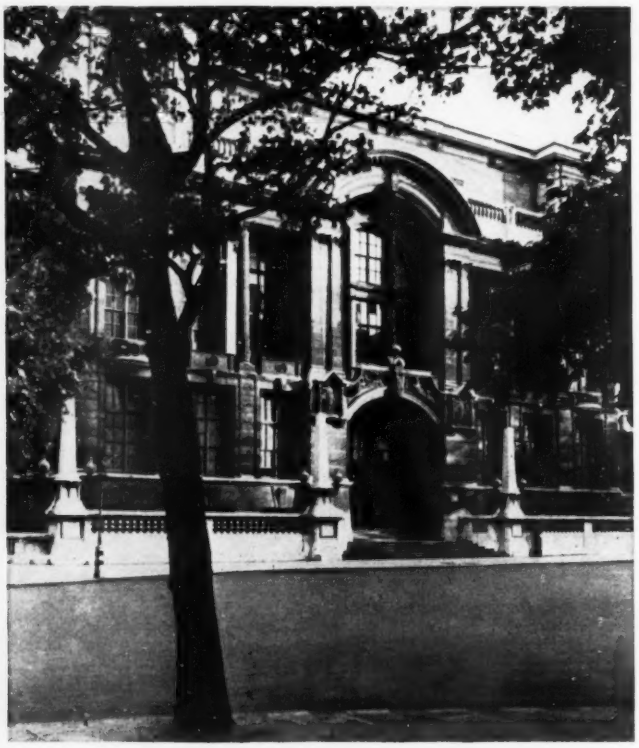


FIGURA 4 (*izquierda*) – *Real Colegio de Ciencias. Departamentos de Física y Química en Imperial Institute Road, South Kensington.*

Park) el Gobierno suministró nuevo local en Jermyn Street al Centro Topográfico y al Museo, y pudo entonces de la Beche poner en práctica un plan que tenía meditado largo tiempo, para usar las facilidades que le ofrecía el Museo para el estudio de Minería y de la Ciencia aplicada. La Escuela Oficial de Minas y de Ciencias aplicadas a las Artes se inauguró el 6 de noviembre de 1851. Su profesorado, que procedía del Centro Topográfico comprendía a Warington Smyth (Minería y Mineralogía), Andrew Ramsay (Geología), John Percy, a quien más tarde se dió nombre de padre de la metalurgia inglesa, Robert Hunt (Ciencia mecánica) Edward Forbes (Historia natural aplicada a la Geología y a las Artes), y Lyon (más adelante Lord Lyon) Playfair (Química aplicada a las Artes y a la Agricultura). Se dijo más tarde de este notable grupo: «Muy pocas veces en cualquier país, y nunca en Inglaterra, se reunió personal más brillante y mejor dotado para la enseñanza que el que, bajo la dirección de Sir Henry de la Beche, estableció la Escuela de Minería de Londres en 1851».

Se aceptaban en la Escuela dos categorías distintas de estudiantes: los estudiantes « asociados» que seguían el curso completo de minería profesional que daba derecho a un Diploma de Miembro de la Escuela, y los estudiantes « ocasionales», que en primer término comprendían « principalmente soldados, unas cuantas señoras y filósofos . . . y alumnos de la Escuela de Dibujo» que cursaban sólo ciertas asignaturas o clases de un tema especial. Estos últimos eran los más numerosos, pero la reputación de la Escuela se basaba primordialmente en los primeros. Según el sucesor de de la Beche, Sir Roderick Impey Murchison, « para mí, se trata simplemente de la Escuela de Geología británica y de su Minería; las ciencias afiliadas se hallan todas subordinadas a este punto fundamental». Sin embargo, el Príncipe consorte esperaba que la Escuela se desarrollase en « un establecimiento oficial educativo, para la difusión de la Ciencia en general, en sus aplicaciones a la industria de la producción, y el entonces recién creado Departamento de Ciencias y Artes de la Dirección General de Comercio ejerció presión para que se orientasen las enseñanzas en dicho sentido. Debido a estos esfuerzos se cambió en 1853 el nombre de la institución al de « Escuela Metropolitana de Ciencias aplicadas a la Minería y las Artes», pero el cambio fué más aparente que real, ya que no existían los fondos necesarios para hacer efectiva la extensión de sus actividades. Comprendieron los catedráticos la situación y, aunque algunos de ellos, como Thomas Henry Huxley (que había sucedido a Forbes en la cátedra de Biología en 1854), favoreciesen el concepto más amplio, la mayoría no se encontraba dispuesta a poner en peligro el curso de estudiantes asociados sumergiéndolo en una escuela general de Ciencia aplicada. Murchison organizó las fuerzas de la reacción y consiguió que se cambiase el nombre de la institución en 1857 al de « Escuela Oficial de Minas» y finalmente, en 1863 al de « Real Escuela de Minas». Se alteró el título del diploma — retrospectivamente — al de « Miembro de la Real Escuela de Minas» (*A.R.S.M.*).

Sin embargo, durante todo este período apenas existían los laboratorios en que se pudiesen estudiar « las demas ciencias», especialmente la Biología, bajo Huxley, y la Física, bajo Sir George Stokes y John Tyndall sucesivamente, como catedráticos honorarios. La situación era distinta para la Química, lo que se derivaba del hecho de que cuando Playfair dejó la Escuela en 1853, los laboratorios del Real Colegio de Química, en Oxford Street, habían sido tomados por el Gobierno, y el Colegio « incorporado» en la institución de Jermyn Street como el Departamento de Química de ésta, bajo la regencia de Hofmann. Por medio de dicho arreglo se aseguró la importancia de la Química en el curso de Minería. Además, el Real Colegio de Química, libre así de las dificultades económicas que le habían asediado mientras dependía de donativos particulares, conservó una considerable medida de autonomía como Departamento de Química, y bajo Hofmann y su sucesor Sir Edward Frankland, continuó matriculando a sus propios estudiantes y otorgándoles su diploma.

En 1870, recomendó una comisión real que la Real Escuela de Minas debía trasladarse a South Kensington y consolidarse allí con el Real Colegio de Química. Dicha propuesta, que significaba la separación del curso de Minería del Museo, fué resistida con gran ardor por Murchison, Warington Smyth y Percy, pero fué preciso reconocer al cabo que si se deseaba desarrollar la instrucción de las otras ciencias, tal como demandaba Huxley, era preciso hallar un nuevo domicilio en otro lugar. Había adquirido el Gobierno, hacía algunos años, de los organizadores de la Exposición de 1851, como unas doce hectáreas de terreno en South Kensington para uso del Departamento de Ciencias y Artes, y en este lugar se fueron a domiciliar los departamentos de Biología, Física, Mecánica aplicada (que se hallaba en Jermyn Street) y

Química, de Oxford Street, en 1872. La existencia casi independiente del Real Colegio de Química llegó así a su término; el edificio de Oxford Street pasó a otras manos, siendo demolido posteriormente.

Los departamentos trasladados se acomodaron en un edificio de excesiva ornamentación al estilo italiano, en Exhibition Road, hoy conocido por « Huxley Building », y ocupado aún por ciertos departamentos del Colegio Imperial. Como ya no dependían del curso de minería, los departamentos de la Real Escuela de Minas de South Kensington se desarrollaron muy pronto como un departamento científico separado, y cuando se les reunió la Sección de Geología en 1877 se hizo evidente que se estaba produciendo un nuevo orden de cosas. El Consejo de Educación (antepasado del actual Departamento gubernamental de Educación) tenía gran interés en que se estableciese en South Kensington una institución dedicada a todas las ramas de la ciencia aplicada, con una organización especial para la preparación de los profesores de ciencias, inclinándose a considerar los cursos de minería y metalurgia como parte subsidiaria del programa total. Se llegó al fin a un acuerdo en 1881 en que, a raíz del traslado a South Kensington del Departamento de Metalurgia, la escuela comenzó a funcionar con el título compuesto de « Escuela Normal de Ciencias y Real Escuela de Minas », bajo el decanato de Huxley. Oficialmente se trataba de una escuela con dos divisiones: el Departamento de Minería (que permaneció en Jermyn Street hasta la muerte de Warington Smyth en 1890) y el de Metalurgia formaban la Real Escuela de Minas, y el resto la Escuela Normal de Ciencias, rebautizada « Real Colegio de Ciencia » en 1891. Estas dos divisiones acabaron por considerarse como dos escuelas asociadas, cada una con su propio carácter y tradiciones.

Mientras que estaban emergiendo en su forma actual ambas instituciones, se llevaban a cabo las gestiones necesarias para la fundación de la otra gran institución que había de asociarse a ellas. En 1878, la Asociación de Gremios de la Ciudad de Londres estableció el « Instituto de la Ciudad y Gremios de Londres para el Progreso de la Educación Técnica ». Dicho organismo puso al frente de su programa el establecimiento de una « Institución central para la preparación especializada de quienes poseyesen los suficientes conocimientos generales de las ciencias o las artes para poderse beneficiar con la instrucción de las aplicaciones industriales de las mismas ». Se erigió con dicho propósito un edificio en Exhibition Road que fué abierto a los estudiantes en 1884. Aunque se había intentado que los cursos cubriesen la mayoría de las ramas de la Tecnología y las Artes decorativas, las cátedras quedaron limitadas al número de cuatro al principio: Ingeniería, Química, Mecánica y Matemáticas, y Física — más adelante Ingeniería Eléctrica. El diploma del Instituto se hizo conocido muy pronto en el campo de la ingeniería. Se cambió el nombre de dicha institución al de « Colegio Técnico Central », y en 1907 al de « Colegio de la Ciudad y sus Gremios ».

Desde 1884 han existido, por lo tanto, en South Kensington tres instituciones dedicadas a la educación e investigación científicas y técnicas. Todas ellas se encontraban en pleno período de desarrollo y muy pronto hallaron necesaria la ampliación de sus instalaciones, lo que pudo realizarse, en parte, en el Real Colegio de Ciencias mediante la construcción de un nuevo edificio para Física y Química. Dentro del campo de sus actividades los tres Colegios se complementaban, y en 1906 un Comité Departamental del Ministerio de Educación presentó un proyecto para una cooperación más estrecha entre ellos: « El objeto principal es el establecimiento en South Kensington de una institución o grupo de Colegios asociados para el estudio de la Ciencia y Tecnología donde se puedan cursar, con la mayor especialización posible, los estudios e investigaciones en las diversas ramas de la Ciencia, especialmente en sus aplicaciones en la Industria ». Y el 8 de Julio de 1907 quedó establecido por Carta Real el Colegio Imperial de Ciencias y Tecnología. El Real Colegio de Ciencias y la Real Escuela de Minas quedaron incluídos *ipso facto* en la Junta de Gobierno de la nueva institución, pero el Colegio de la Ciudad y Gremios no llegó a ser « Colegio constituyente » hasta 1910, fecha en que se estableció para su gobierno una Delegación que derivaba su autoridad tanto del Colegio Imperial como del Instituto de la Ciudad y Gremios de Londres. El conjunto del Colegio Imperial fué reconocido como un Departamento de la Universidad de Londres.

Se ha venido realizando desde entonces un constante progreso. Se han construído nuevos edificios en South Kensington: un Centro de Estudiantes (1910), uno para la Real Escuela de Minas y una extensión del Colegio de la Ciudad y Gremios (1913), para Tecnología química, incluyéndose la Ingeniería química (1914), para Bioquímica y Patología vegetal (1923), para

Residencia de Estudiantes (1926, 1931). Además de los locales de Exhibition Road, Imperial Institute Road, y Prince Consort Road, el Colegio posee también una Estación biológica en Slough, y una mina, « Tywarnhale », cerca de Truro.

En la evolución del Colegio Imperial se han llegado a realizar las diversas visiones del Príncipe consorte, de de la Beche, de Huxley, y de los concejales de la Ciudad, todos los fundadores de las instituciones constituyentes, aunque quizás no de la forma exacta que se intentó originariamente. Al mirar al pasado siglo no podemos por menos de quedar impresionados por la manera en que las distintas instituciones se desarrollaron siguiendo líneas que habían de permitirles más adelante fundirse en un conjunto homogéneo, sin que hubiese que abandonar mucho en ningun momento. Los fines fundamentales de los cuerpos constituyentes habían tenido siempre cierta similaridad, aunque los cambios de circunstancias habían traído consigo variaciones en sus actividades para hacer frente a los problemas del instante. Así, en cierta ocasión se estimó que la preparación de los maestros era la necesidad más urgente, tal como se insistía en la fundación de la Escuela Normal de Ciencias. Pero desde la formación de la federación y bajo la dirección de sus sucesivos rectores — T. W. Bovey, Sir Alfred Keogh, Sir Thomas Holland, Sir Henry Tizard, y hoy R. V. Southwell — su finalidad predominante ha sido la formación de científicos y técnicos para el servicio directo de la Industria y Agricultura en la Gran Bretaña y el extranjero.

El trabajo experimental realizado por los mismos estudiantes ha sido, desde hace ya mucho, característica de los cursos del Colegio. El contacto con la Industria es muy estrecho, y la creación de vigorosas escuelas de investigación en la mayoría de los departamentos de la Institución ha servido para hacer crecer su prestigio por todo el mundo. Antes de la guerra última venían de todas partes gran número de estudiantes a realizar trabajos de especialización, esperándose que se resuma hoy, en número creciente, dicha práctica. Se han establecido también nuevos lazos con instituciones hermanas del extranjero mediante los amistosos acuerdos con el Instituto de Tecnología de Massachusetts en los Estados Unidos y el Instituto Indio de Ciencias de Bangalore.

Al entrar en un segundo siglo de vida comprendemos que aún queda mucho por realizar, y no solamente en el campo de la enseñanza e investigación. Durante muchos años han existido numerosas asociaciones y clubs de estudiantes, y algunos de ellos, como el Club de Remo del Colegio Imperial, han alcanzado éxito señalado en sus actividades. Pero las limitaciones de domicilio — que son siempre una grave dificultad en Londres — han impedido que muchos estudiantes hiciesen pleno uso de tales instituciones, que tan importante parte tienen en la formación del carácter. Se ha decidido, por lo tanto, que la celebración del Primer centenario sea señalada por la resolución de realizar todo lo posible para desarrollar una vida corporativa más completa, de modo que el Colegio pueda así mejor cumplir su fin de servir a las necesidades de la sociedad en los años futuros.

Arrecifes de coral

T. A. STEPHENSON

En este artículo, ilustrado con sus propias pinturas, el Profesor Stephenson nos ofrece una vívida descripción del aspecto de un típico arrecife de coral, visto por un biólogo que es, a la vez, un amante de la belleza. Semejantes relatos son muy raros en la literatura biológica, y vienen a proveernos de un suplemento muy valioso junto a los materiales coleccionados, fotografías y estudios puramente técnicos, que sirven de base al trabajo de la gran mayoría de los biólogos.

Los trabajos que ilustran este artículo son reproducciones de bocetos al óleo, pintados en la Gran Barrera de Arrecifes de Australia, en el curso de una expedición que llevó a cabo allí un estudio biológico y geográfico, en los años 1928 y 1929. Los resultados del trabajo de aquella expedición han sido publicados en varios volúmenes por el Museo Británico (*Great Barrier Reef Expedition*, 1928–9, « Scientific Reports», 1930 y años sucesivos), pero estos bocetos no se habían publicado anteriormente.

Los arrecifes de coral son tan variados en sus apariencias como los jardines, los campos, o cualquier otro tipo de paisaje, y en cada arrecife podemos observar una gran variedad de aspectos. Por otra parte, aunque los arrecifes de coral son estructuras roqueñas, formadas por esqueletos de organismos vivos (corales, algas y otros invertebrados distintos del coral), varían mucho con arreglo a la medida en que se encuentran « vivos ». Aparte de los arrecifes que están completamente muertos (es decir, que fueron formados en tiempos pasados), podemos encontrar arrecifes en los que el coral que vive y crece es de una importancia insignificante, constituyendo el grueso del arrecife una roca grisácea y erosionada, de hosca apariencia, que no ofrecería ningún atractivo a la vista, si no fuese por las plantas y animales que habitan en los hoyos de su superficie, entre los que podemos ver, a veces, una estrella de mar, con dibujos parecidos a los de un tapiz turco, u otros de colores ultramarinos. Incluso en un arrecife que tenga sus bordes llenos de coral viviente y sano, es posible andar kilómetros sin divisarlo. La cima de estos arrecifes está constituída por inmensas capas de arena, con trozos de roca de coral muerto, de color gris obscuro, en diversas cantidades, y con plantas trepadoras, de color verde obscuro, y aun negruzco, que crecen sobre la arena o dentro de ella. Puede haber innumerables lagunas cuya fauna muestra a veces formas más variadas y colores más brillantes; pero para ver el coral floreciente en todo su esplendor, hay que mirar al borde marítimo de un arrecife en pleno crecimiento, donde, desde el nivel inferior de las mareas hacia abajo, toda la superficie aparece alfombrada por una riqueza exuberante de formas y colores, que no tiene rival en ningún otro panorama del mundo.

En contraste con el conjunto un poco opaco, evocado más arriba, de los arrecifes medio muertos y de las interminables explanadas de arena, vamos a describir uno de los arrecifes que forman el borde marítimo de la Gran Barrera. Estos arrecifes de la « Barrera Exterior » forman una especie de fajas de cintas, con brechas entre ellas, que separan el Océano Pacífico de las aguas someras de la laguna situada entre ellas y el continente. Una de estas cintas, conocida con el nombre de Yonge Reef fué visitada por varios de nosotros en 1929. Casi todas las facetas del paisaje aparecen allí llenas de color y de brillantez, y nos hallábamos en un mundo enteramente nuevo. Veíamos la gran línea de las olas del Pacífico venir a estrellarse con inmenso poder contra el borde del arrecife, el cual destruía aquella fuerza tan eficazmente, que se podía permanecer a pocos metros del choque y ver los corales sumergidos en la base de la roca reflejándose en las crestas del oleaje, y aun mirar los corales mismos en el borde del arrecife. Que este arrecife pudiese quebrantar las olas parecía realmente extraordinario, ya que aquel estaba tan bajo, tan llano y, al parecer, tan impotente. Se trata de un arrecife que, en las mareas altas, se sumerge enteramente en el mar, y que emerge muy levemente sobre la superficie marítima aun en las mareas más bajas. La cresta de esta cinta de arrecife tiene la forma de un cerro de unos 145 m. de anchura y unos 5 km. de longitud, situado a unos 95 m. del mar. El color del cerro mismo no es ciertamente obscuro; el suelo es rosado y está cubierto por una corteza

FIGURA 2 – *Una almeja gigante* (Tridacna derasa) *en una laguna somera de un arrecife plano de las islas Low, Queensland. Las masas redondas, a la derecha y a la izquierda de la almeja, son corales vivos* (Porites). *Las crecidas ramas de lo alto, a la derecha, son otra especie de coral* (Montipora ramosa); *las frondas retorcidas de lo alto, a la izquierda, son un alga marina* (Padina); *la estructura de forma de panal del fondo, a la izquierda, es otro coral* (Goniastrea). *La estrella de mar azul es la* Linckia laevigata.

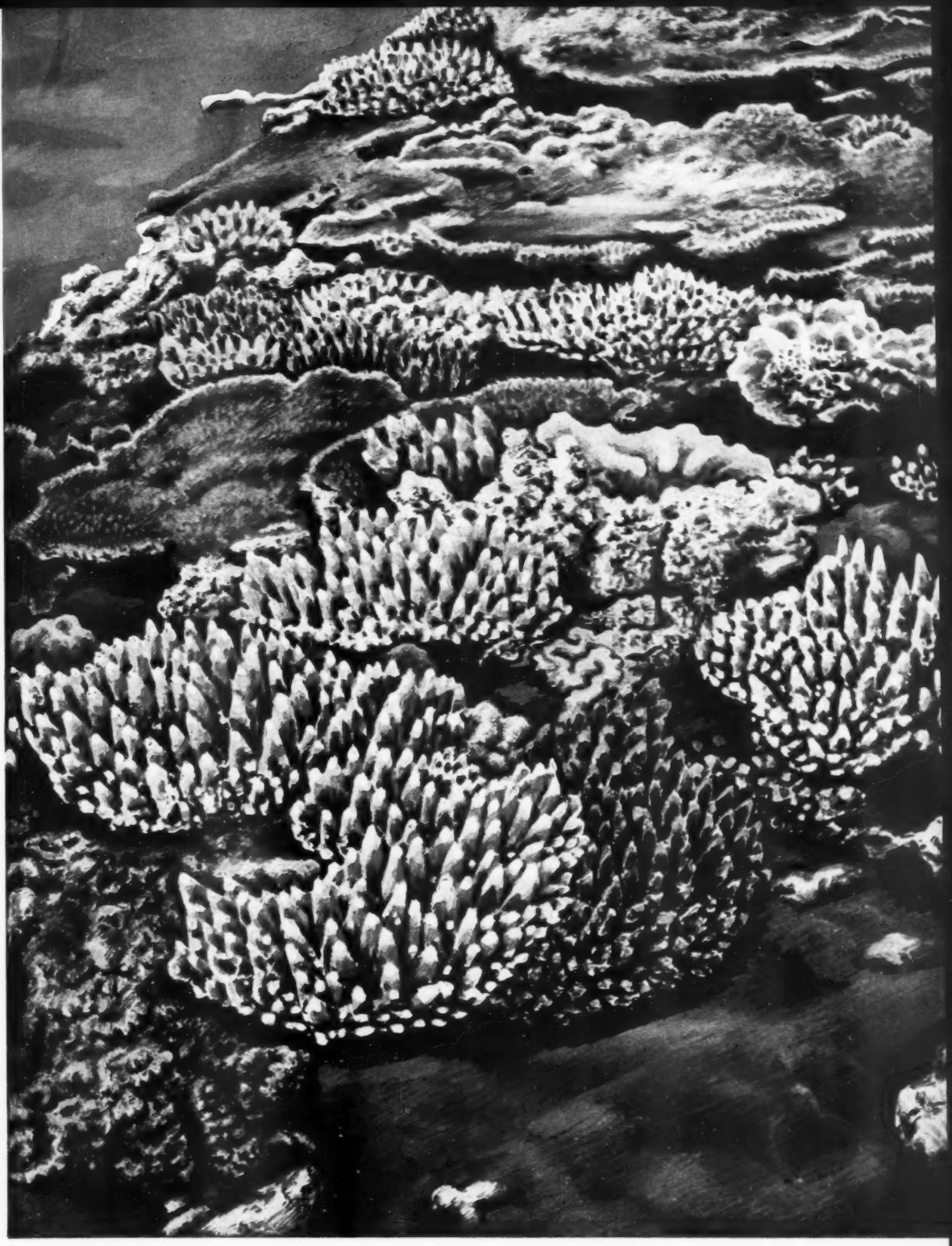
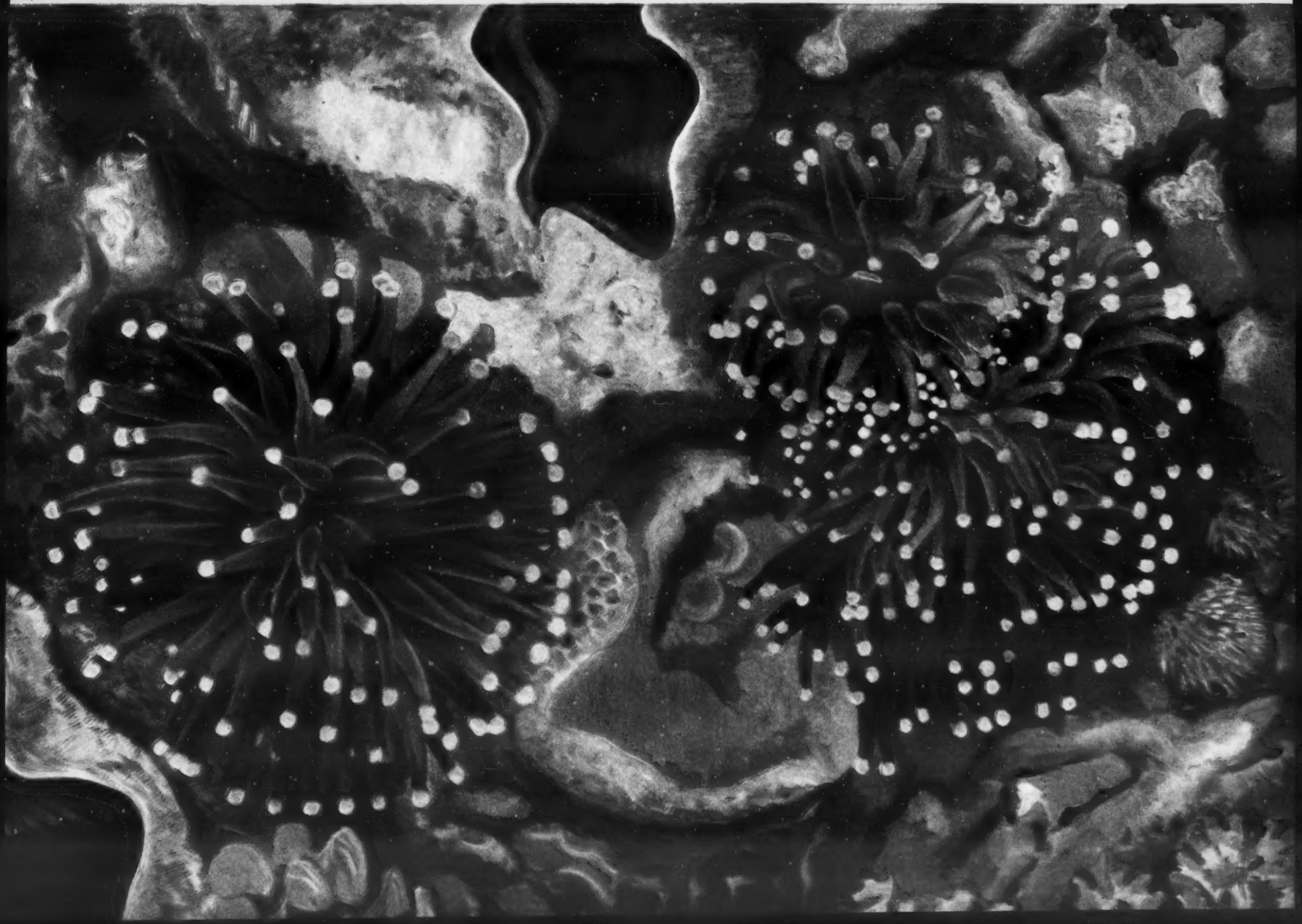
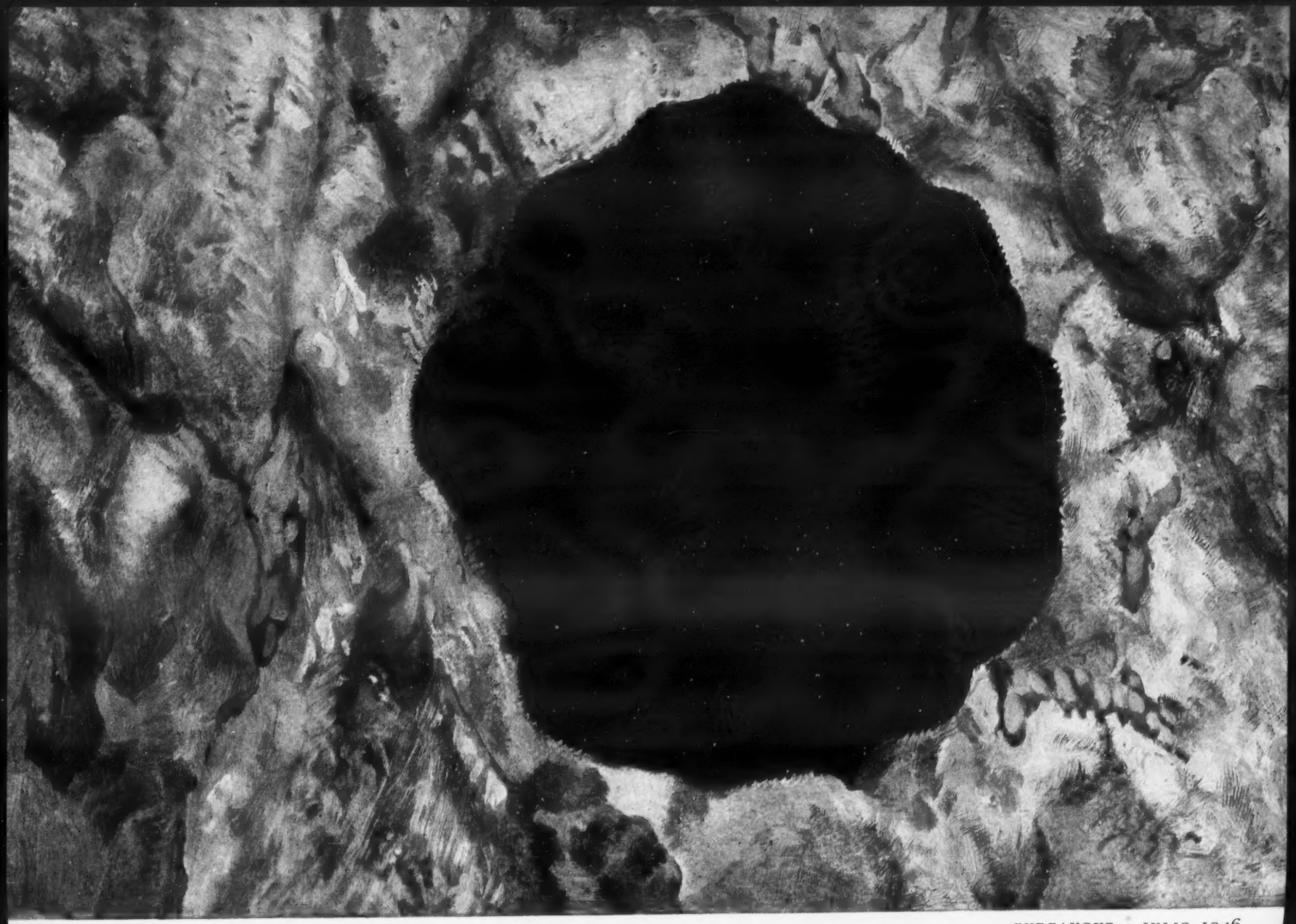


FIGURA 3– *Un crecimiento de coral vivo, en la cima de un pequeño islote de coral, en la parte que mira al continente del arrecife de Yonge, en la Barrera Exterior de Queensland. Todo el coral visible pertenece al género* Acropora *(elemento principal de los arrecifes), pero varía mucho de forma de unas especies a otras. Las colonias de color amarillo y violeta, con ramas en forma de dedo pulgar son* A. gemmifera; *los brazos de color castaño, con bordes pálidos, son* A. hyacinthus, *y las formas irregulares de color crema,* A. palifera.

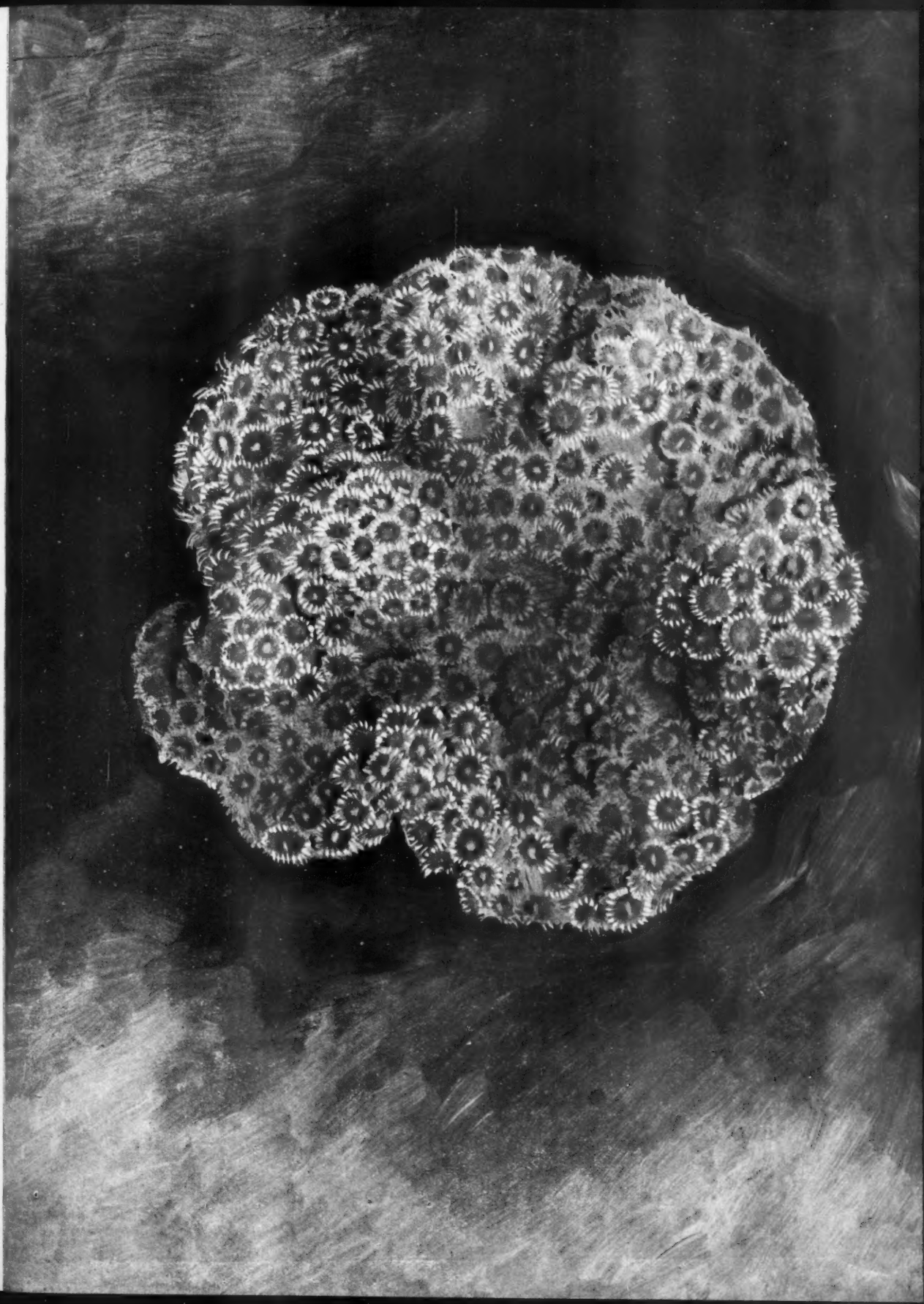
ENDEAVOUR · JULIO 1946

ENDEAVOUR · JULIO 1946





ENDEAVOUR · JULIO 1946



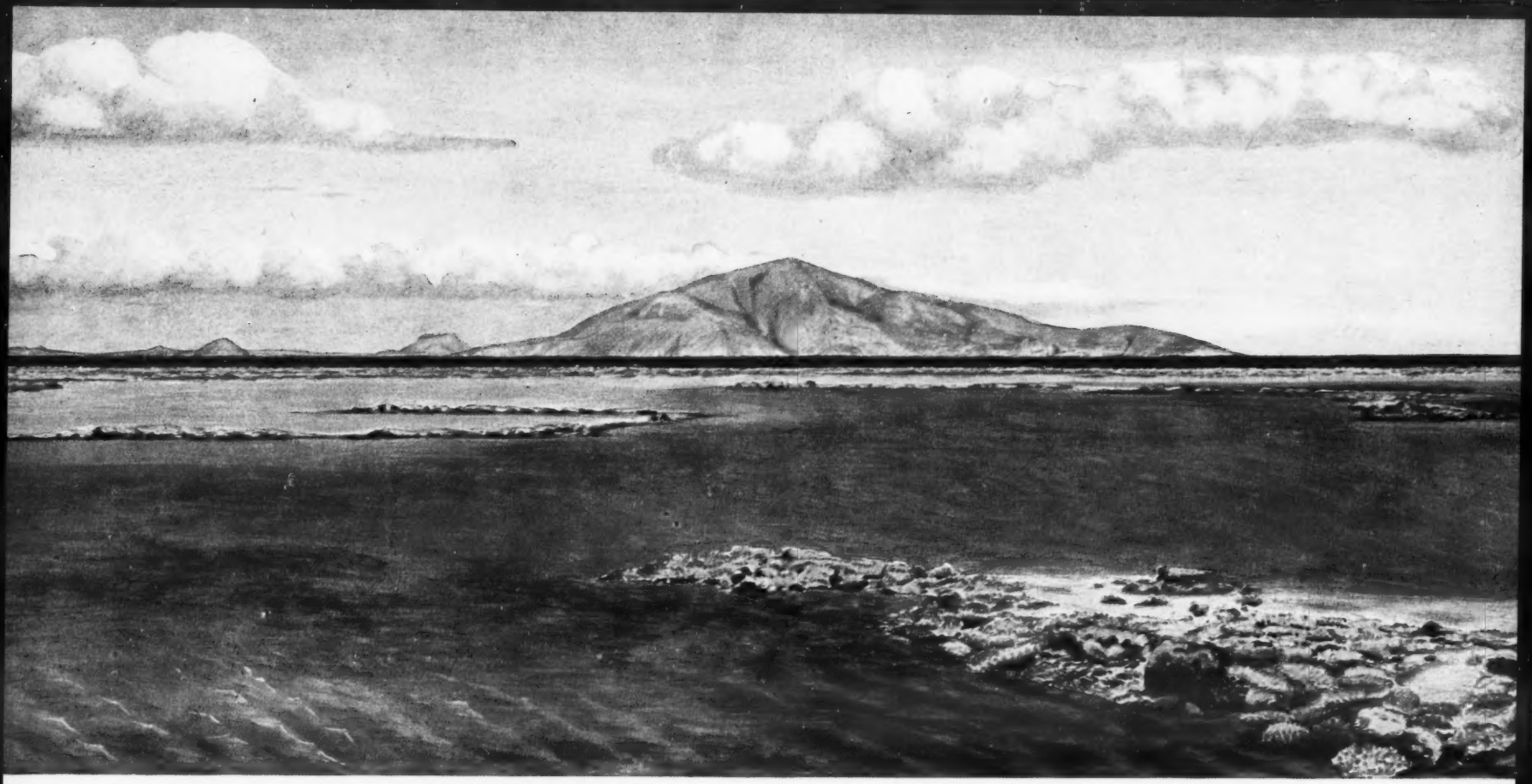


FIGURA 8 – *Vista del lado que mira al continente del arrecife de Yonge, en la Barrera Exterior, tomada desde la cubierta de la lancha. La montaña está en la isla de Lizard, y más allá se ve la tierra de Queensland. El agua de color azul brillante y verde es agua somera sobre arena blanca, y la línea negra bajo la montaña es el agua más profunda de la laguna situada entre la barrera y el continente.*

de algas coralinas, brotando del suelo rosáceo, corales y otros organismos que ofrecen una rica variedad de colores. Los colores en las cavidades y en las masas de coral situadas entre el cerro y el mar son aún más variados y hermosos. Un panorama de otro tipo se nos ofrece en el lado resguardado del arrecife, que presentamos en la figura no. 8, reproducción de un bosquejo hecho desde la cubierta de una lancha motora, anclada lo más cerca posible del arrecife principal. El arrecife emerge, por este lado, en un gran número de islotes de coral, muchos de los cuales tienen bordes empinados, que brotan de un suelo de arena o grava de gran limpidez. Las crestas de estos islotes emergen del mar en aguas muy bajas, y algunas de ellas se ven en primer plano, cubiertas de corales vivos. El color más brillante está proporcionado, sin embargo, por el agua misma. Ésta, que varía del verde brillante, en las aguas someras, al azul claro en las aguas profundas, no ha sido nada exagerada en el boceto; posee una cualidad de llama radiante que no puede ser reproducida por la pintura.

Cuando se contempla un arrecife de coral en su conjunto, a una cierta distancia, su apariencia varía con arreglo a su naturaleza, ofreciéndose dos ejemplos distintos en la figura 1. Este boceto fué hecho desde la cima de la montaña de 335 m. de altura, en la isla de Lizard, que se ve en el horizonte, en la figura 8. En primer plano, más allá de las estribaciones de la isla, se ven arrecifes irregulares de coral, como parches purpúreos en las aguas poco profundas. Más adentro del mar, hay tres grandes arrecifes (el de la isla de Eagle, el de M y el de L) que emergen en la laguna comprendida entre la Barrera Exterior y el continente, que se divisa al fondo. Por grandes y sólidos que sean estos arrecifes, vistos a esta distancia y desde esta altura, parecen flotar sobre el mar como espectros.

Una escena completamente distinta de la que acabamos de describir se nos ofrece si descendemos bajo el nivel del mar, hasta donde crecen los corales, con ayuda de una escafandra. Debajo del mar nos hallamos en un mundo nuevo, totalmente distinto de todo lo que conocíamos. La superficie del mar constituye una barrera impenetrable, un tejado al través del cual no podemos ver nada; el mar se convierte de hecho en el cielo. Es un cielo más limitado que el nuestro: tiene mucha menos profundidad y menores distancias, y es generalmente de un delicado verde azulado, pero sombreado en sus bordes, como si fuese el cielo. La luz del sol se filtra al través del mar con un efecto muy extraño. Por regla general, el paisaje se presenta en un primer término, con vagas sombras detrás y sin visión de las distancias. La escena comienza con un piso de arena y de piedras, con corales montados sobre algunas de ellas. De este piso se levantan torres roqueñas, que se elevan por encima de nuestra cabeza, adquiriendo a veces las dimensiones de los acantilados. De los lados y de las cimas de estas rocas brotan corales de todos los tamaños y colores. Hay delicados ramajes, formas redondeadas, cristalizaciones en forma de astas de venado y, sobre todo, amplias estructuras en forma de copa o de ménsula, algunas de las cuales alcanzan más de 2 m. de anchura y son capaces de soportar el peso de un hombre. El escenario está constantemente animado por la presencia de numerosos peces pequeños. Pececillos verdes y amarillos pululan entre las ramas de los corales de rosadas astas, a veces en grupos de más de cincuenta. Peces grandes, de más bizarras formas y colores, circulan también, aunque en menor número. Los hay de color negro y dorado, azul eléctrico y oro, listados como la cebra, y a veces con todos los colores del arco iris. Estos peces no suelen darle ninguna importancia al buzo, a menos que éste haga algún movimiento brusco hacia ellos.

Algunos suponen que todos los colores del coral son de tipo brillante, pero no es así. Es cierto que en las partes más coloreadas la variedad de matices es muy grande, lo cual aumenta su atractivo. Pero muy frecuentemente los tintes dominantes son marrón amarillento o marrón rosáceo, contrastando con algunas notas brillantes salpicadas. La belleza del coral, que es extraordinaria, no depende sólo de su brillantez, sino también de la variedad de sus formas y especialmente de su contextura. Los corales ofrecen con frecuencia una extraña apariencia de terciopelo, en contraste con su dureza real. La fina delicadeza de formas y colores, la sutileza de los granos que constituyen la estructura, y el cambio de color que se opera con frecuencia en las puntas de las ramas crecientes (por ejemplo, del color de asta de cervatillo al azul-jacinto brillante) producen un efecto realmente indescriptible. Dos de los bocetos adjuntos (números 3 y 4) muestran la apariencia general de los corales crecientes, vistos de cerca. El boceto no. 3 nos muestra un coral expuesto al aire, en tiempo de marea baja, en uno de los islotes del arrecife de Yonge, en la parte que mira al continente; el boceto no. 4 nos muestra un brote de otro arrecife, visto debajo de la superficie, en marea baja, desde una lancha anclada.

Los animales reales (pólipos) que constituyen el coral se parecen a las anémonas de mar y son carnívoros, aunque tengan apariencia de flores. Los colores del coral vivo residen, no tanto en los tentáculos de los pólipos, como en sus organismos y en los tejidos que los conectan; es toda la carne que cubre el esqueleto la que está realmente coloreada. Los tentáculos de los pólipos no suelen ser vistos, sin embargo, por los que visitan un arrecife de día, puesto que la mayor parte de los pólipos se expanden y se alimentan, sólo o principalmente, durante la noche. Se dan excepciones a esta regla y dos de ellas se ilustran en las figuras 5 y 7. En el boceto no. 5 se ven varios pólipos extraordinariamente grandes, pertenecientes a una especie de coral-hongo (*Fungia*), expandidos a la luz del día, entre corales muertos y vivos, en una laguna somera. El boceto no. 7 nos muestra una colonia perteneciente a una especie de *Turbinaria*, con una estructura de plato ondulado, cubierta en su parte superior por pólipos expandidos. Los bocetos restantes representan algunos de los demás animales corrientes en los arrecifes de Australia. En el boceto no. 2 se ve una almeja gigante (*Tridacna*), rodeada de corales vivos y de algas marinas; el boceto no. 6 representa una anémona de mar gigante (*Stoichactis*), cuyos tentáculos de azul-prusia forman un curioso contraste con el fondo obscuro de corales muertos, incrustados de algas rosáceas.

Nos hemos referido anteriormente a los pececillos verdes y amarillos que pululan entre las ramas de algunos de los corales. Estos peces confirman el hecho que se advierte generalmente en los arrecifes de corales: la estrecha asociación entre animales de distinta especie conocida con el nombre de « comensalía ». En el caso ya mencionado, cada colonia de coral posee su propia congregación de peces que, al parecer, no se aventura nunca fuera de sus ramajes. Otros corales se ven frecuentemente acompañados de cangrejos o camarones. Existe, por ejemplo, un coral muy común, de color marrón amarillento (*Pocillopora bulbosa*) que vive en lagunas someras de la cima de los arrecifes y que sirve frecuentemente de refugio a un cangrejo de unos dos centímetros y medio de ancho, bellamente coloreado de rojo y púrpura (*Trapezia cymodoce*); el mismo coral alberga con frecuencia pequeños cangrejos de otras especies y camarones. Los camarones son realmente los animales más comunes entre los « comensales », y especies brillantemente coloreadas, del género de los *Periclimenes*, establecen sus cuarteles frecuentemente, no sólo entre los corales, sino también entre las anémonas de mar, las cuales albergan también peces, además de camarones. La anémona representada en el boceto no. 6 (*Stoichactis kenti*) es extraordinaria en varios aspectos. En primer lugar, es más grande que las anémonas corrientes (tiene 45 cm., o más, de diámetro); en segundo término, es frecuentemente de un color azul brillante, poco común entre las anémonas; finalmente: alberga con frecuencia pequeños camarones comensales (*Periclimenes*) y peces (*Amphiprion* y *Actinicola*), de colores muy diferentes. La cuestión de la coloración de los comensales merece un estudio especial. Mientras muchos de ellos entonan con el coral donde habitan, formando con él una unidad de color, otros contrastan con él vivamente sin que produzcan por eso un efecto inarmónico, como cuando los peces de brillante amarillo dorado conviven con un coral marrón rosado. Por otra parte, algunos de ellos — y esto se aplica tanto a los cangrejos como a los camarones y los peces — adoptan un esquema de colores muy particular, que está en abierto contraste con el color del fondo de la anémona o del coral, y que nos recuerda el jersey de vívidas franjas de un futbolista. Estas especies exhiben variantes de una combinación de colores — negro, escarlata y crema claro opaco — agrupados en listas que los hacen muy singulares. Esta coloración particular se encuentra en los peces y camarones mencionados en conexión con los *Stoichactis* y también en algunos camarones que hemos visto un día buceando a 5 brazas bajo el agua. En esta ocasión, vimos un coral de unos 60 cm. de ancho, que tenía sus pólipos expandidos de tal modo, que toda una colonia estaba cubierta por una alfombra de tentáculos nudosos, de color marrón oscuro, moviéndose entre los tentáculos unas dos docenas de estos camarones listados, de diversos tamaños, que danzaban rítmicamente como si estuviesen peinando los tentáculos, movimiento característico en ellos, que producía el efecto sorprendente de un ballet submarino de brillantes colores. La gama de colores listados se observa también en un pequeño cangrejo de hábitos singulares, que no pudimos encontrar en los arrecifes australianos, aunque le vimos bajo fragmentos secos de coral, en algunos de los arrecifes que rodean la isla de Mauritius, algún tiempo después. Se trata del conocido (aunque raramente visto) *Melia tessellata*, y su peculiaridad consiste en que lleva habitualmente dos pequeñas anémonas de mar, una en cada pinza, y cuando se ve en peligro las levanta, como si fuesen guantes de boxeo.

Situación actual de la física teórica

N. F. MOTT

La investigación de los fenómenos atómicos ha demostrado que la mecánica de Newton no era una verdad universal. Esta admisión fué seguida por el desarrollo de un sistema de ecuaciones conocido por el nombre de mecánica de los quanta, de la que es parte especial la mecánica newtoniana, válida solamente para partículas grandes. El Profesor Mott analiza la influencia de la teoría de los quanta sobre el desarrollo de la física y describe ciertos fenómenos, que pueden no hallar explicación dentro de la mecánica moderna.

Durante el período entre las dos grandes guerras mundiales la física atómica realizó un sensacional progreso. Fué testigo de la primera desintegración del átomo lograda por el hombre; se descubrieron varias partículas nuevas, el electrón positivo, el mesotrón, y sobre todo el neutrón, que condujo a la bomba atómica; pero probablemente se recordará este período especialmente por el descubrimiento del sistema de ecuaciones conocido alternativamente por los nombres de mecánica quántica, mecánica ondulatoria o mecánica de determinantes.

Las leyes del movimiento de Newton fueron tan satisfactorias que hasta el siglo presente una gran mayoría creyó que eran válidas para todos los fenómenos de la ciencia física. Gracias a los trabajos de Einstein, hoy sabemos que las leyes de Newton cesan de ser aplicables para partículas dotadas de alta velocidad comparable a la de la luz y que la mecánica newtoniana, válida solamente para partículas moviéndose con velocidades relativamente pequeñas, debe considerarse como un caso especial de una mecánica relativista más general. También sabemos que las leyes de Newton no son aplicables en modo alguno a las partículas muy pequeñas y muy ligeras (electrones, protones, neutrones) que conjuntamente forman la estructura de los átomos y moléculas. Para explicar el comportamiento de estas partículas se ha desarrollado la mecánica de los quanta, y el sistema newtoniano debe considerarse, pues, como una forma especial de la mecánica de los quanta, válida solamente para partículas pesadas, como bolas de billar, proyectiles y planetas. No obstante, la mecánica de Newton continúa siendo, dentro de su propio campo de aplicación, completamente satisfactoria. No se le ocurriría a nadie, por ejemplo, aplicar la mecánica de los quanta para los cálculos balísticos de la trayectoria de bombas, proyectiles o cohetes. Igual cabe decir de gran parte de la Astronomía, especialmente de los cálculos del movimiento terrestre y de los planetas alrededor del Sol.

La mecánica de los quanta, al igual que la mecánica de Newton, no es la última teoría sobre la naturaleza física; pero, semejantemente a la mecánica newtoniana, proporciona respuesta apropiada desde un punto de vista práctico a una gran variedad de fenómenos. Estos cubren un campo tan vasto que hasta el presente siglo se creyó comprendía el conjunto de todos los conocimientos físicos. Incluye, en primer lugar, toda la química, ciencia que trata de las fuerzas que permiten a los átomos combinarse entre sí para formar las moléculas. Explica con suficiente exactitud el comportamiento de los haces de electrones y de la ciencia electrónica en general, así como la espectroscopía y la producción y propiedades de los rayos X. Es solamente en cuestiones recientes y, hasta la realización de la bomba atómica, relativamente remotas del conocimiento común tales como física nuclear, energía estelar y rayos cósmicos, donde se producen fenómenos cuya explicación no cae exactamente dentro del campo de competencia de la mecánica de los quanta.

Los trabajos de Rutherford y de Bohr a principios de este siglo colocaron la estructura nuclear del átomo sobre una base firme. La principal característica de esta estructura consiste en la existencia en el centro del átomo de un núcleo pesado cargado positivamente y de los electrones que se mueven en órbitas a su alrededor. Las únicas propiedades del núcleo que son interesantes desde el punto de vista de la química y ciencias afines, son su masa, que determina el peso atómico del átomo, y su carga, la cual determina el número de electrones extra-nucleares (el número atómico). La posición de un elemento en la tabla periódica, todas sus propiedades químicas, y, excepto en algunos pequeños detalles, su espectro óptico y de rayos X, todo depende de dicho número atómico. La compleja estructura interna

del núcleo puede ser puesta en evidencia solamente empleando las técnicas especiales de los laboratorios de elevados voltajes o la bomba atómica; y, exceptuando el fenómeno de la radioactividad natural, no tenía ninguna influencia, por lo que nosotros conocemos, sobre las propiedades de la materia viva o inerte hasta que los hombres de ciencia empezaron su investigación. En el campo cósmico, los fenómenos nucleares tienen, naturalmente, una importancia fundamental, y son la causa del calor y la luz emanados del sol y las estrellas; pero es curioso hacer notar que la estructura interna nuclear nos da muy pocas indicaciones de su funcionamiento, por lo que a los fenómenos corrientes en la tierra se refiere, excepto en los laboratorios de física.

La teoría conocida por mecánica de los quanta, o ondulatoria, parece bastar para dar explicación al comportamiento de los electrones extranucleares. No existe todavía una rama relativista completamente satisfactoria, por más que se haya realizado un notable progreso; pero, puesto que en el campo atómico y molecular las velocidades de las partículas son pequeñas comparadas con la de la luz, ello no tiene importancia en lo que a las aplicaciones de dicha teoría a la química y cuestiones afines se refiere. En esta materia los resultados teóricos parecen estar siempre de acuerdo con los experimentos. Basándose en la teoría se han hecho cálculos de los niveles de energía de varios átomos, de la energía de retención en algunas de las moléculas más sencillas y enlaces químicos, y del esparcimiento de los haces de electrones por las moléculas gaseosas.

Durante los años inmediatos al descubrimiento de la mecánica de los quanta esta teoría se aplicó a los problemas elementales de la física atómica con éxito constante. Así Heisenberg y Hylleraas dieron una guía para el espectro del helio, Sommerfeld y Bloch explicaron notables aspectos de la conductividad de los metales, y London y Heitler proporcionaron la primera teoría completa del enlace homopolar. Fué la edad de oro para el investigador joven, quien, quizás, podía obtener un dominio de la nueva mecánica más fácilmente que las personas de más edad y dar así explicación a fenómenos inexplicados por más de un siglo. Este período ha terminado ya. El centro de interés en la mecánica de los quanta no-relativista se ha desplazado actualmente a complicados problemas cuyo interés nace en el campo de la química orgánica, metalurgia o física industrial. En este respecto el progreso se realizará por trabajos llevados a cabo por experimentadores con conocimientos profundos de la mecánica de los quanta o por el trabajo teórico de físicos y químicos; pero hay poco margen para el investigador cuyo interés en la materia estriba simplemente en el punto de vista matemático. Un tema que parece ofrecer oportunidades especiales, tanto teóricas como experimentales, es el estudio de las discontinuidades en la masa de los sólidos y la influencia sobre su resistencia. En un asunto de esta naturaleza, ni la teoría ni la experimentación pueden hacer mucho progreso la una sin la otra.

En el campo del conocimiento donde la teoría de los quanta habría de tener validez, el gran problema que sigue aún sin resolver es el fenómeno de la super-conductividad o sea la desaparición de la resistencia eléctrica en ciertos metales a muy bajas temperaturas. Quizá sea cierto que todos los físicos han tratado, una u otra vez, de dar explicación a este fenómeno, pero siempre sin éxito. El problema del movimiento de un gran número de electrones que se influencian mútuamente es extraordinariamente complejo; no es posible obtener una solución de la ecuación del movimiento sin antes introducir simplificaciones radicales; después de establecerlas las ecuaciones no predicen aún nada parecido a la super-conductividad y no ha habido aún nadie capaz de fijar si las soluciones exactas lo dejarían entrever.

Volvamos ahora al campo de la física nuclear y los rayos cósmicos, composiciones estelares y partículas de elevada energía. Es en estas materias donde debe establecerse algo fundamentalmente nuevo; el teórico no puede simplemente aplicar las leyes conocidas a nuevos fenómenos complejos, puesto que es en estos nuevos campos donde las leyes aceptadas no son siempre aplicables y hay que introducir modificaciones fundamentales. Las dificultades son de dos clases: por una parte las contradicciones en la teoría que aparecen al tratar partículas que se mueven a velocidades próximas a la de la luz (c), y por otra parte, la falta de conocimiento de las leyes de las fuerzas existentes entre partículas nucleares.

El esfuerzo para establecer una forma de mecánica de los quanta relativista tiene una interesante historia. El primer paso notable en tal sentido lo dió Dirac, quien en 1928 demostró que solamente se podía dar una generalización relativista a la ecuación ondulatoria original de Schrödinger si se asumía que el electrón poseía un cuarto grado de libertad, el llamado « giro », la existencia del cual había ya sido puesta en evidencia por los estudios espectroscópicos. La

ecuación de Dirac explicó perfectamente el mismo giro, así como los valores cuantitativos de muchos fenómenos en los cuales interviene aquél. Desgraciadamente, sin embargo, predijo la existencia de « estados de energía negativa »; según la teoría de la relatividad la energía W de una partícula de masa m moviéndose con una velocidad v está representada por la expresión:

$$W = mc^2/\sqrt{(1 - v^2/c^2)}$$

y Dirac predijo con su ecuación que tanto la raíz positiva como la negativa eran admisibles. No se tenía idea de que en la Naturaleza existiera nada parecido a un electrón con energía negativa y Dirac sugirió que los estados de energía negativa deberían estar representados por un aglomerado de electrones cuya presencia no sería notada excepto por impedir la aproximación de otros electrones. Esta hipótesis, algo forzada, tuvo su confirmación con el descubrimiento del electrón positivo, el cual tiene su explicación como un « vacío » en el « continuum » donde falta un electrón. Sin embargo, esta concepción conduce a muchas dificultades, especialmente en cuanto a la teoría de la interacción entre la radiación y las partículas cargadas moviéndose con elevadas velocidades, tal como acontece con los rayos cósmicos.

Las dificultades que aparecen en la física nuclear son de naturaleza algo distinta. La teoría completa de la mecánica de los quanta para los electrones extra-nucleares se basa en la suposición de que los electrones y los protones se atraen mútuamente y que los electrones se repelen entre sí, de acuerdo con la ley del cuadrado inverso de las distancias. El núcleo, sin embargo, no está constituído por electrones y protones, sino, según las teorías más recientes, por protones y neutrones. Así el número de protones es igual al número atómico y el número de neutrones igual al valor necesario para igualar el peso atómico. No se tiene ninguna idea apriorística respecto de la naturaleza y magnitud de la interacción entre protones y neutrones, y por lo tanto es difícil actualmente decir si la mecánica de los quanta en su forma presente podrá o no aplicarse al núcleo. No hay duda que sus características más importantes son válidas, especialmente la existencia de niveles quantitativos de energía; pero es todavía incierto decir si sería adecuado para calcular, después de conocer las fuerzas de interacción, la energía según la cual dos protones y dos neutrones se combinan entre sí para formar una partícula α.

Una de las ramas de investigación actualmente más prometedoras e interesantes consiste en tratar de establecer la conexión entre la acción mútua del protón y el neutrón con la existencia de la nueva partícula con carga, el mesotrón, cuya masa es intermedia entre el protón y el electrón, y que se ha demostrado existir en los rayos cósmicos. Existen varias teorías para explicar esta interacción, pero ninguna de ellas está de completo acuerdo con los experimentos. El tiempo habrá de decirnos si el éxito se halla por la vía de este camino trazado o si habrá que buscar nuevos senderos.

Todo artículo sobre la posición actual de la física teórica resultaría incompleto si no mencionáramos algunas de las inferencias filosóficas en esta materia, por más que disponemos de poco espacio para materia tan vasta, y que cualquier referencia estará siempre matizada por los propios prejuicios del autor. Así, parece que hemos de aceptar que el « principio de incertidumbre » de Heisenberg ha tomado carácter de permanencia en la Ciencia. La hipótesis que es imposible medir simultáneamente la posición y velocidad de una partícula está profundamente incorporada en la teoría de los quanta, y si se intentara prescindir de ella, se derrumbaría toda la teoría.

No se le mantiene simplemente a causa de alguna limitación temporal en la exactitud de nuestros instrumentos de medida, que pueden ser reducidas por futuros trabajos experimentales, pero más probablemente por deducción de ciertos experimentos (difracción electrónica) que sin ayuda del principio de incertidumbre no pueden explicarse racionalmente.

Parece, pues, muy improbable que la Física regrese a la posición que permitía creer que el futuro está inherente en el presente, de tal modo que, si existiera un servicio de computación bien equipado y conociéramos todos los datos acerca de la moción de todas las partículas del universo en el instante presente, podríamos calcular el futuro. Las ecuaciones de la Física matemática parecen excluír la posibilidad de tan ambicioso proyecto, sean cuales fueren los recursos disponibles que pueda uno imaginar. La contribución de los descubrimientos recientes a la Filosofía es, por lo tanto, más bien negativa; habrá quizás que retirar algunas afirmaciones hechas durante el siglo pasado acerca de la naturaleza mecánica del universo, o, al menos, quedarán sin el autorizado apoyo de la Ciencia. Podríamos también establecer ciertas conclusiones positivas, pero ello queda fuera del límite del presente artículo.

Los mohos y la guerra en los trópicos

G. SMITH

El daño causado, incluso en las zonas templadas, por los agentes biológicos, entre los cuales los mohos son los más destructivos, tiene una gran importancia económica. En los trópicos, las condiciones para su desarrollo son ideales, y la damnificación es considerable. Durante la última guerra se tuvo que hacer frente a esta realidad; los métodos ideados con el fin de proteger los equipos militares pueden, en general, aplicarse a los usos domésticos e industriales.

En el comienzo de la lucha en el lejano Oriente, hubo una pérdida considerable de víveres, vestimenta, cobijos, utensilios, armas, municiones, y especialmente de los instrumentos de precisión usados por un ejército moderno. Un tanto por ciento elevado de las pérdidas totales era debido a la acción de los agentes biológicos, especialmente los mohos.

En nuestro clima los perjuicios causados por hongos microscópicos son muy importantes, pero en las zonas tropicales son mucho más considerables. El desarrollo de los mohos está directamente asociado con la humedad atmosférica; cuanto más elevada es la humedad relativa tanto más rápido es el crecimiento y más variada es la flora microscópica. En la selva de Burma y en las islas del Pacífico, la humedad relativa oscila entre 90 y 100%, con una variación diurna muy pequeña. Bajo tales condiciones la acrecencia de los mohos sobre substancias propicias es sumamente rápida, y no es problema fácil diseñar los equipos para asegurarles un razonable período de buen funcionamiento.

A principios del 1943 el Ministerio de Suministros del Ejército Británico, inició un programa de investigación sobre los métodos de protección tropical. Se constituyeron un cierto número de Comités Consultivos, compuestos de representantes de las distintas armas y de instituciones científicas. En la Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres se equipó una cámara de experimentación dentro de la cual se podían mantener unas condiciones atmosféricas muy parecidas a las de las selvas tropicales. Al principio, la cámara y los materiales a estudiar se inocularon con un cierto número de especies de mohos característicos de los almacenes tropicales. Más tarde se observó que una micro-fauna, especialmente de psócidos y de ácaros había colonizado la cámara atraídos por las condiciones de calor y humedad de la misma, y así no se necesitaron ulteriores inoculaciones, ya que estos seres son unos excelentes distribuidores de esporas. Para el estudio de muestras pequeñas se emplearon recipientes de vidrio con agua para mantener la atmósfera saturada. Estos recipientes se mantenían en incubación dentro de una cámara a temperatura constante de 30° C y se inoculaban con el moho a estudiar.

El equipo inicial bastó por un cierto tiempo, pero muy pronto las exigencias de los distintos ejércitos se multiplicaron de tal forma que el trabajo hubo de distribuirse entre otras varias instituciones donde se instalaron también cámaras tropicales. Las investigaciones sobre los mohos no se llevaron a cabo sólo en la Gran Bretaña; desde el principio se realizaron asimismo en Australia y en los Estados Unidos.

EQUIPO ELECTRICO

El problema más urgente a resolver fué el relativo a los mohos que se desarrollaban en los aparatos de radio y similares. La figura 1 muestra el interior de un aparato de radio atacado por mohos; estructuras filamentosas se extienden entre los distintos componentes. Este tipo de infección ocurre principalmente durante el almacenamiento antes de ser usados, ya que cuando el aparato está en uso el calor engendrado es suficiente para mantenerlo seco y destruir así la mayoría de los mohos; si el aparato no está fuera de uso por largos intervalos, el crecimiento de mohos que pueda ocurrir no llega nunca a tener la extensión que muestra la figura 1. En general, los materiales aislantes no llegan a ser destruídos, incluso cuando el desarrollo del moho es considerable, pero el peligro principal radica en las posibles pérdidas de aislamiento en los circuitos de alta tensión a través de los mohos filamentosos cargados de humedad.

Aun cuando el problema no es de solución simple, se ha conseguido actualmente un definido

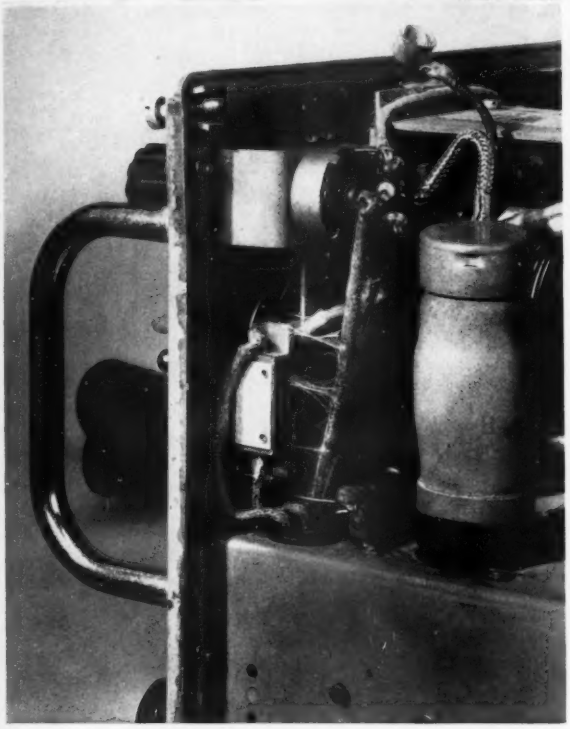


FIGURA 1 – *Desarrollo de moho en un aparato de radio. Estructuras filamentosas entre los distintos componentes.*
(Por amabilidad del Ministerio de Suministros.

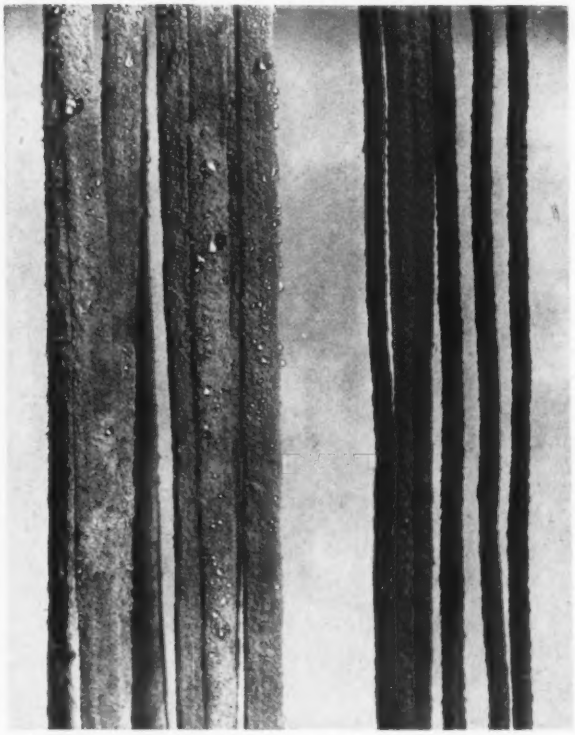


FIGURA 2 – *Cordones de zapatos después de incubados en una « cámara tropical ». Izquierda: Sin tratamiento alguno. Derecha: Tratados al cromo.*

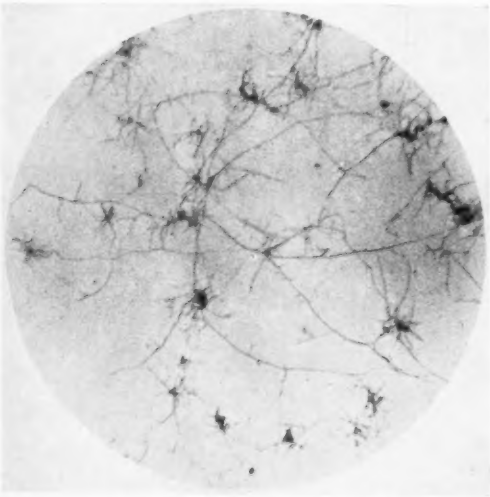


FIGURA 3 – *Moho sobre la superficie de un prisma* (× 25).

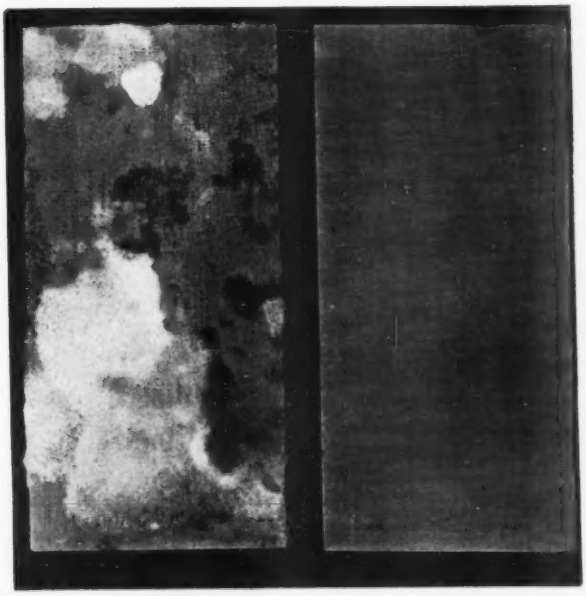


FIGURA 4 – *Bakelita con alma de trama textil. Izquierda: La trama sin ser hervida. Derecha: Con la trama tratada.*

FIGURA 5 – *Prismáticos provistos de cápsulas de sílice gelatinosa después de dos meses bajo condiciones tropicales. El exterior está algo corroído y ligeramente mohoso. El interior sigue en buenas condiciones.*

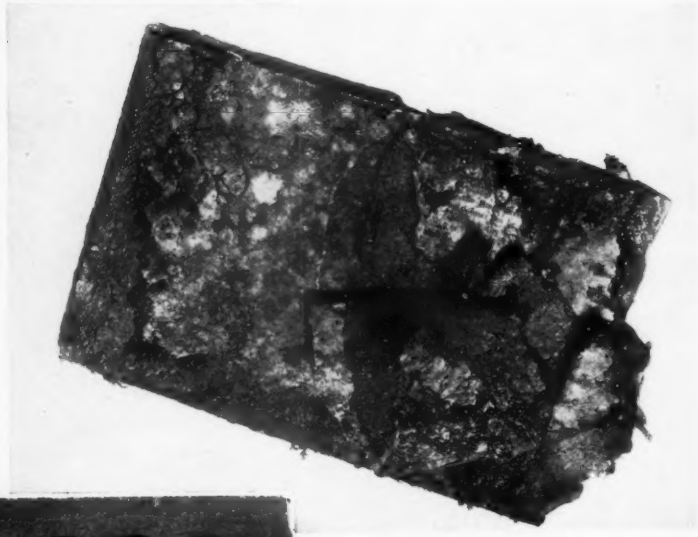


FIGURA 6 – *Libro desintegrado casi completamente a causa de la humedad y mohos.*

FIGURA 7 – *Tubos para munición de papel arrollado. Izquierda: Encolados con caseína. Derecha: Encolados con urea-formaldehido.*

progreso en la construcción de aparatos de radio cuyas partes no contienen ningún material capaz de proporcionar una base de cultivo a los mohos. Las alteraciones más importantes son el empleo de los aislantes plásticos (especialmente el cloruro de polivinilo) en lugar de tejidos, una cuidadosa selección de las ceras y otros materiales impregnantes, la eliminación total del uso del corcho, empleo de pinturas con adición de funguicidas, y una restricción en el empleo de plásticos limitándose a aquellos que contienen refuerzo interno inerte. Sin embargo estas alteraciones son sólo soluciones parciales y con el fin de proporcionar una protección para los aparatos ya construídos o en uso, hubo de desarrollarse el empleo de lacas con funguicidas aplicadas con brocha o con pulverizador; esto no resulta fácil, ya que al tratar de dejar los contactos metálicos sin pintar quedan las consiguientes imperfecciones en la capa de protección. Una aplicación concienzuda de laca reduce considerablemente el tener que hacer futuros recambios.

TEJIDOS

Los tejidos de distintas clases son necesarios en los diversos elementos de los equipos bélicos y por ello han sido atentamente estudiados. Por fortuna gran parte de las investigaciones habían sido ya llevadas a cabo antes de la guerra, especialmente por la Asociación de Investigación de la Industria algodonera Británica, y la solución de los problemas impuestos por la guerra ha sido con frecuencia más una cuestión de adaptación de los conocimientos existentes que no la búsqueda de otros nuevos. En los tejidos de vestir y de cama se ha empleado extensamente el « Shirlan » (salicilanilida), o sea en materiales que requieren una protección durante el transporte y almacenamiento pero que durante su empleo son lavados con frecuencia o en uso constante. La gran demanda que de este producto hubo durante la guerra originó una escasez del mismo y tuvieron que buscarse productos que lo substituyeran. Durante los ensayos iniciales se observó que varios compuestos empleados como aceleradores en la manufactura de la goma eran muy efectivos, y uno de ellos, el mercaptobenzothiazol, resultó comparable al « Shirlan ».

A pesar de las buenas cualidades de estos antisépticos no pueden emplearse para materiales ordinariamente expuestos a la intemperie, ya que son con facilidad arrastrados por el agua. Para los correajes de cinta, lonas impermeables y material para tiendas de campaña, el óxido crómico es tan eficaz como cualquier otro producto moderno (figura 2). A veces se le emplea sólo en una proporción del 1% del peso del material; sin embargo es más corriente mezclarlo con óxido férrico, formando el llamado « kaki mineral ». Para lienzos impermeables más pesados, tales como lonas alquitranadas, y para cuerdas, se emplea corrientemente el naftanato de cobre.

Un método muy simple para incrementar la resistencia contra los mohos en los materiales a base de celulosa consiste en hervirlos por lo menos durante una hora en una solución del 1% de carbonato sódico. Muy pocos organismos pueden atacar la celulosa pura, y la tendencia a enmohecerse de algunos materiales es debida a la presencia en pequeña proporción, de otras substancias base de desarrollo de los mohos, que son incorporadas ya durante el apresto o pertenecen a los compuestos no celulósicos de las fibras originales. Muchos son los mohos que no atacan en absoluto a la celulosa sino que viven a expensas de estas últimas impurezas y aún los mohos que son capaces de destruir rápidamente a la celulosa pueden hacerlo sólo en presencia de ciertas sales metálicas. En la fotografía de la figura 4 hay dos muestras de placa de bakelita con alma de trama textil, una sin tratamiento y la otra hervida con carbonato sódico y sometida después a una atmósfera tropical por cuatro semanas.

PAPEL

En los suministros al ejército se destinan grandes cantidades de papel para oficinas, libros amenos e instructivos, embalaje, etiquetas, y en cajas para munición. La mayor parte de los papeles expuestos a una atmósfera húmeda, sufren una pérdida considerable en su resistencia mecánica antes que aparezcan los daños causados por los mohos. Es posible, sin embargo, secar el papel que está solamente húmedo; pero si está al mismo tiempo enmohecido entonces el daño es irreparable. La figura 6 muestra un libro reducido a una masa de pulpa por el efecto combinado de mohos y humedad.

Una gran parte de los trabajos de investigación durante la guerra fueron orientados a la producción de papeles que retuvieran su resistencia aún húmedos y a los métodos para hacerlos resistentes contra los mohos. Las etiquetas han sido satisfactoriamente tratadas con una solución acuosa de pentaclorofenato de sodio, y los papeles para paquetería son tratados con cobre según el proceso del cupra-amonio o en forma de naftanato de cobre. En el caso de cajas manufacturadas el

lugar sensible es el engomado, pero recientemente se ha realizado un gran progreso con el empleo de « adhesivos plásticos » tales como los polímeros de ureaformaldehido (figura 7).

CUERO

La mayor o menor susceptibilidad del cuero a ser atacado por los mohos depende principalmente del método de curtido. El cuero curtido a base vegetal (tanino) es muy apto para ser atacado y cubierto por moho aún bajo condiciones de temperatura y humedad no tan propicias como en los trópicos. El cuero curtido al cromo, por otra parte, posee una inmunidad casi completa, lo que tiene relación con las propiedades protectoras del óxido de cromo para los tejidos. El cuero semi-cromo, tal como era de esperar, tiene una resistencia intermedia entre los dos anteriores. Por desgracia el cuero curtido al cromo tiene ciertas propiedades físicas que hacen que sea inadecuado para ciertas aplicaciones — suelas de zapato, por ejemplo — y de todas maneras la producción durante la guerra era insuficiente para proporcionar más que una parte del cuero requerido.

Es aún poco lo que conocemos sobre el efecto de los mohos en el cuero, cuyo problema está siendo objeto de estudio por la Asociación de las Manufacturas Británicas para Investigaciones del Cuero. Incluso vegetaciones exuberantes pueden ser limpiadas de la superficie del cuero y éste parece tener iguales propiedades de resistencia y flexibilidad. Sin embargo, las manchas de moho son desagradables de quitar y especialmente los artículos de vestir deben ser limpiados con frecuencia. Por la tanto desde un punto de vista global del mantenimiento del equipo general el problema ha de ser considerado según el número total de horas de trabajo requeridas para su limpieza. En los estuches de instrumentos científicos, especialmente ópticos, el moho puede producir serios perjuicios, ya que se extiende sobre los aparatos y además atrae ácaros. La mayoría de las fallas de carácter mecánico en los equipos de cuero pueden ser referidas a descomposición en los puntos de contacto con partes de hierro o a rotura del cosido por haber sido este atacado por mohos. Es, pues, esencial que el hilo usado en artículos de cuero sea tratado contra el ataque de los mohos, preferiblemente por medio de la impregnación con óxido crómico.

Se han llevado a cabo un gran número de experimentos para estudiar la eficacia de varias substancias como protectoras del cuero curtido a base de tanino, y a fin de hallar el mejor método de aplicación de los antisépticos escogidos. Los compuestos orgánicos de mercurio solubles en aceite, que en otros campos han demostrado ser los agentes más poderosos contra los hongos, fueron inicialmente ensayados, pero dieron resultados muy desconcertantes y pobres en general. La mejor de las substancias ensayadas fué el *p*-nitrofenol, que proporciona un elevado grado de protección aplicada al 0,3% en peso del cuero. Este antiséptico puede ser incorporado durante la manufactura del cuero, pero en muchos casos es preferible aplicarlo a los artículos acabados con el fin de dar adicional protección a los bordes cortados. Se le usa en solución del 1% en alcohol metílico o en una mezcla a partes iguales de alcohol y agua; se le aplica a los artículos por medio de pincel o pulverizador hasta haber incorporado a los mismos la cantidad requerida. Un procedimiento no tan eficaz consiste en usarlo mezclado con grasa de embadurnar en la proporción del 1% de antiséptico. Este era, en general, el único medio de tratamiento practicable antes que los métodos protectivos adoptados por los fabricantes fueran de uso común. Otro antiséptico, recomendado cuando el *p*-nitrofenol no sea obtenible, es el β-naftol. Se le aplica de manera parecida al *p*-nitrofenol, pero no es tan eficaz.

INSTRUMENTOS OPTICOS

De todos los problemas investigados el más interesante y quizás el más difícil fué el de los mohos desarrollados en los instrumentos ópticos. Este es un problema viejo, y ciertos estudios habían ya sido llevados a cabo antes de la guerra, pero la conservación de los aparatos en épocas de paz es cuestión relativamente fácil y además el número total de ellos en uso es sólo una fracción de los que hay en tiempo de guerra.

El cristal no contiene ninguna substancia esencial, tales como el carbón o nitrógeno, que pueda servir de alimento a los mohos; sin embargo instrumentos ópticos tales como prismáticos, gemelos, telescopios, microscopios, telémetros, miras de cañón, quedan fuera de uso después de algunos meses en los trópicos. Sin duda los mohos inician su desarrollo en la materia orgánica, viva o muerta, que penetra en instrumentos imperfectamente herméticos. Los vehículos vivos son los ácaros, tan abundantes en las selvas tropicales, los cuales ganan su acceso al interior horadando a través de los empastados de las juntas o deslizándose por los fileteados de tornillos mal ajustados. Ellos acarrean esporas de hongos en la superficie vellosa de su cuerpo y como que en

general mueren en el interior de los instrumentos a causa de falta de alimento, se convierten entonces en base de nutrición de los mohos. Sin embargo, en muchos casos, los mohos se desarrollan en las superficies de cristal donde no existen ni polvo ni ácaros. El crecimiento es entonces relativamente reducido, y consiste en una estructura filamentosa muy fina que carece de áreas de esporas. No obstante ello es suficiente para entorpecer la definición de la imágen o si se producen en un gratículo u ocular cuadrado impiden la buena definición del campo. La figura 3 es un caso típico de moho sobre la superficie limpia de un prisma; las manchas obscuras no son partículas de polvo sinó glóbulos de micelio.

El desarrollo es superficial y puede limpiarse fácilmente pero a veces el cristal queda rayado y hay que pulirlo de nuevo. Incluso cuando las superficies no quedan rayadas el trabajo de desmontar, limpiar y volver a ajustar ha de ser realizado por manos expertas y en un taller apropiado.

Los instrumentos de foco fijo son fáciles de proteger. Si son cuidadosamente fabricados y montados en una atmósfera seca no pueden enmohecerse excepto si se resquebrajan las juntas herméticas. En cambio todos los instrumentos de foco variable ejercen un cierto bombeo del aire; el aire húmedo es aspirado y así aumenta la humedad del aire del interior relativamente a la del exterior. Resulta muy difícil poder asegurar que ninguna espora de moho quede aprisionada durante la fabricación de los instrumentos, y si éstas existen iniciarán su germinación tan pronto como la humedad alcance su punto crítico (aproximadamente el 75%). Además las masillas usadas para el montaje de las lentes y recubrimientos del cuerpo de los instrumentos son propensos a resquebrajarse en tiempo seco y entonces cuando el aire vuelve a ser húmedo pueden penetrar la humedad y las esporas al mismo tiempo. Quizá la única solución satisfactoria de estos problemas sea el proyectar completamente de nuevo la mayor parte de los componentes de los equipos ópticos y poder asegurar así un cierre hermético incluso en los aparatos de foco variable. Sin embargo durante la guerra hubo que encontrar medios para prolongar la vida útil de millares de instrumentos ya en uso o en curso de fabricación.

El primer punto esencial fué asegurar que todas las partes, excepto el sistema óptico, quedaban a prueba de moho. Masillas, lubrificantes, pinturas, lacas fueron formuladas de nuevo a fin de eliminar de su composición cualquier substancia capaz de servir de base de desarrollo de los mohos; esto involucró ensayos con numerosas muestras a fin de combinar la inmunidad con las propiedades físicas deseadas. Por fin, un gran número de experimentos fueron llevados a cabo con intención de hallar los mejores procedimientos para proteger el vidrio.

Uno de ellos, investigado a fondo, consiste en proveer los instrumentos con pequeñas cápsulas que contienen antisépticos volátiles. Estas cápsulas se fijan por medio de una rosca desde el exterior, para permitir un fácil recambio, y tienen un diafragma de vidrio poroso a través del cual el vapor puede difundirse sin peligro que se desprendan las partículas sólidas. Este método muy sugestivo en teoría, resulta de una aplicación práctica limitada por la dificultad de hallar el antiséptico ideal. Debe ser volátil pero no en alto grado. El vapor del mismo no debe atacar a ninguna de las partes metálicas de los instrumentos ni tampoco a las masillas o cementos empleados. Los mejores antisépticos hallados hasta el presente son el acetato de *m*-cresol (primeramente usado en América y llamado « cresatin ») y el timol; pero ninguno de los dos carece de sus desventajas.

Otro medio de protección ensayado consiste en la introducción de cápsulas de sílice gelatinosa en los instrumentos, con el fin de mantener la humedad relativa del aire confinado dentro del instrumento debajo del punto en cual los mohos empiezan a desarrollarse. Las pruebas llevadas a cabo en la Gran Bretaña demuestran que reducidas cantidades de desecantes, que pueden ser introducidas sin afectar la transmisión luminosa, son eficaces por espacio de varios meses, aún cuando el interior esté lejos de poder considerarse hermético (figura 5).

No se han llevado a cabo aún suficientes pruebas en condiciones reales para poder determinar cual de los dos métodos es mejor en condiciones prácticas de servicio, pero hay razones para creer que con los progresos en la técnica de hacer los instrumentos herméticos será posible proporcionar una protección duradera por medio de desecantes. Tienen la gran ventaja sobre los antisépticos volátiles de que eliminan al mismo tiempo el que los vidrios se empañen por condensación; probablemente una combinación adecuada de ambos métodos será superior a cada uno de ellos individualmente empleado. Sea como fuere estamos próximos a obtener una solución satisfactoria del problema.

La pesca de la ballena

L. HARRISON MATTHEWS

Aunque sea sólo por su tamaño, la ballena ha sido siempre objeto de gran interés general; presentando al zoólogo problemas de enorme fascinación por su peculiar estructura y casi desconocidas costumbres. También ha sido reconocido su valor económico en el mundo del comercio, y el interés y peligro de su pesca ha atraído a todos los amantes de la aventura. Sobre tema tan fascinador escribe el Dr. Matthews con toda la autoridad de quien ha viajado por el Océano antártico para estudiar la vida y costumbres de los cetáceos.

Las ballenas forman un grupo aparte entre todos los mamíferos. Porque se trata de mamíferos, con respiración pulmonar, sangre caliente y reproducción vivípara, alimentándose la prole con la leche materna. Sus remotos antepasados, de hace más de 50 millones de años, eran cuadrúpedos que vivían en tierra firme; pero el proceso evolutivo durante tan inmenso período les ha dado forma de pez, extremidades delanteras que se asemejan a aletas o paletas, sin extremidades posteriores externas (aunque todavía se pueden observar ciertos rudimentos de las mismas incrustados en los tejidos internos del organismo). La cola, que se extiende en anchas aletas, muy parecida a la de un pez, pero horizontal y no vertical como en éste, forma su principal medio de propulsión. Algunos cetáceos tienen además una aleta dorsal que se asemeja a la quilla superior de una veloz motolancha, que les ayuda a sostenerse rectamente en su curso. De acuerdo con su ambiente acuático, la piel de estos animales carece de la protección del pelo que se da entre los mamíferos en general, a excepción de unos cuantos pelos en el hocico y barbilla (restos de bigotes y barba), prueba de su parentesco con los mamíferos mejor vestidos. Para compensar dicha calvicie poseen los cetáceos bajo la piel una espesa capa de esperma o tejido graso que les sirve para aislar el cuerpo templado del frío del agua en que flotan. Este medio acuático ha permitido así mismo el desarrollo de animales de gran tamaño. Sería imposible la existencia de un animal de semejantes dimensiones sin que el hecho de flotar en el agua no le permitiese al mismo tiempo soportar el peso del cuerpo; y así sucede que cuando una gran ballena es arrastrada por la corriente hacia la costa y queda, al retirarse la marea, en seco, aunque no se halle herida, la sofoca su propio peso, oprimiéndole el pecho e impidiéndole la respiración. Pero no todos los cetáceos tienen tamaño gigantesco, ya que las marsopas o puercos marinos y los delfines, que pertenecen a la misma familia, son pequeños en comparación.

Hay una gran multitud de especies de ballenas, pero se agrupan todas ellas en dos grandes grupos: cetáceos dentados (*odontocétidos*) y desdentados (*miscétidos*), relacionándose dicha diferencia estrechamente con su alimento. Los odontocétidos, como su nombre indica, están provistos de dientes para apoderarse de su presa, que consiste de peces y, más generalmente aún, de cefalópodos: calamares y pulpos. Los dientes, a diferencia de la mayoría de los mamíferos, son todos iguales, puntiagudos y cuneiformes, sin estar divididos en incisivos, caninos y molares. Son además en algunas especies mucho más numerosos que en otros mamíferos, hallándose sin embargo mucho más reducidos en otras, como por ejemplo en el caso del enorme cachalote que presenta dientes sólo en la mandíbula inferior, los cuales encajan, al cerrarse la boca, en unos orificios correspondientes en la encía superior; en algunos cetáceos menores el número de dientes queda reducido a dos, situados cerca de la punta de la mandíbula inferior.

El procedimiento de alimentarse de los miscétidos es totalmente distinto. No persiguen presas aisladas, sino que filtran el agua marina para extraer de ella grandes cantidades de diminutos organismos a los que se denomina colectivamente « plancton ». Este plancton se compone de organismos vegetales y animales, muchos de ellos de tamaño microscópico, que flotan en enormes números en las capas superiores del océano; su abundancia es tal que en ellos se basa casi totalmente la alimentación de estos cetáceos. El mecanismo que poseen los miscétidos para la filtración y recolección del plancton suspendido en el agua marina es muy curioso. Su boca no tiene dientes, pero cuelgan de la mandíbula superior, en el lugar que ocupan los dientes en los

demás mamíferos, y entrecruzándose a cada lado, una serie de múltiples láminas córneas y fibrosas a las que se da comunmente el nombre de « barbas de ballena ». La cara interior de dichas láminas está deshilachada en fibras separadas, formándose una especie de felpudo a cada lado de la boca, sostenido por las láminas. Para alimentarse, la ballena sorbe un enorme trago de agua en el que va suspendido el correspondiente plancton, cierra la boca y levanta la lengua obligando al agua a pasar a través del felpudo entre las laminas hasta salir al exterior por la parte lateral de los labios. El plancton queda así aprisionado en el felpudo, engulléndolo a continuación el animal.

Al sumergirse, permanecen los miscétidos normalmente bajo el agua de cinco a quince minutos, y los odontocétidos de treinta a sesenta, pero ambas especies pueden prolongar dicho período en caso necesario. La mayor profundidad conocida alcanzada por una ballena es 350 m., y existen noticias de haberse sumergido un cachalote hasta 900 m. Cuando se sumerje un buzo, el aire que le envían las bombas se halla a una presión ligeramente superior a la que ejerce la columna de agua que le cubre; el nitrógeno del aire queda disuelto en la sangre y tejidos hasta alcanzar un punto de saturación, si permanece bastante tiempo a la profundidad necesaria; al ascender, la presión decrece y la sangre y tejidos se super-saturan: el exceso de gas produce unas burbujas que obstruyen los vasos sanguíneos menores produciendo un tipo especial de parálisis; y si el cambio de presión se efectúa muy rápidamente se ocasionan grandes dolores y, muchas veces, la muerte. Por lo tanto, la ascensión de un buzo que ha permanecido durante algún tiempo a gran profundidad debe realizarse gradualmente a fin de permitir que el gas sea eliminado de los tejidos y prevenir que el pobre buzo se convierta en un sifón viviente. ¿Cómo es posible, pues, que las ballenas inhalen al aire suficiente que les permita continuar activas a tan gran profundidad, evitando al mismo tiempo la reacción patológica descrita? Este es un punto no muy bien conocido aún, aunque los últimos estudios del Instituto de Investigación cetácica de Oslo han arrojado mucha luz. Hay que tener en cuenta diversos factores en esta continuada sumersión de los cetáceos, cuyo metabolismo se reduce en dichas ocasiones disminuyendo la utilización de oxígeno hasta a un tercio de la normal. La mioglobina de los músculos puede añadir otro 50% a la cantidad de oxígeno disponible, y las complicadas redes vasculares — las *retia mirabilia* — actúan como una desviación venoso-arterial evitando que la sangre pase por los tejidos musculares durante el período de sumergencia. Y, finalmente, la cantidad de oxígeno extraída del aire durante la respiración en la superficie es muy elevada. Por lo que se refiere a la sumersión profunda y la reacción patológica, la ballena sólo lleva consigo los gases disueltos en los tejidos y el volumen de aire de sus pulmones, mientras que el buzo recibe constantemente nuevas cantidades de aire con el que llena sus pulmones mientras está sumergido. La seguridad de la ballena a grandes profundidades depende del hecho de que los pulmones quedan tan comprimidos que el aire es expelido de la región absorbente de los mismos; a una profundidad de 100 m. la compresión pulmonar es tal que los alveolos, que es donde se produce el cambio gaseoso, quedan completamente obstruídos, ocupando el aire los tubos rígidos de los bronquios, tráquea y cavidades nasales, donde la absorción de nitrógeno es despreciable. La ballena puede, de ese modo, retornar a la superficie sin peligro de embolia aérea.

Ya el hombre primitivo sabía apreciar el valor de las ballenas, y, en efecto, una ballena descarriada debió parecerles un don de los dioses a los habitantes de las costas; situación bien distinta de la de hoy en que la obligación de limpiar las playas de los fétidos restos del cetáceo recae sobre los detentores de los derechos de dicha costa. Es indudable que en un principio la mayor atracción consistía en la carne que suministraba la ballena, pero desde hace ya muchos siglos lo que más se valora en los cetáceos es el aceite que se puede extraer de ellos. Una vez que el hombre supo construir barcos que le permitiesen navegar en alta mar no tardó mucho en aprender que a estos hallazgos fortuítos se podían añadir las presas obtenidas arrinconando a las ballenas contra las costas. Este primitivo procedimiento de pesca existe aún en las islas Faroe y Shetland donde todavía hoy bancos enteros de ballenas pilotos (*Globicefalus melas*) son batidas en centenares contra la costa, donde se las mata, faenándolas e hirviéndolas para extraer de ellas el aceite. Durante la edad media los marinos vascos explotaron con provecho la pesca de la ballena atlántica o franca (*Balaena biscayensis*) llevada a cabo desde pequeñas barcas que perseguían y capturaban las presas — cetáceos más bien lentos que gustaban de aproximarse a las costas — con tanto éxito que casi exterminaron por completo dicha variedad en las costas cantábricas. No forzaban las ballenas contra la costa, sino que iniciaron la técnica del

harponeo, utilizando unos rejones con barbas, unidos a la embarcación por una cuerda que mantenía sujeto al animal herido hasta que, fatigado por la lucha, podían acercarse a él y rematarlo de un lanzazo. Las ballenas así muertas eran luego remolcadas a una playa donde se procedía a su faenamiento.

Cuando la excesiva pesca produjo una escasez de cetáceos, estos emprendedores vascos equiparon sus embarcaciones para poder adentrarse en el océano en busca de sus presas, trasladándose así la base de operaciones desde la costa a un buque-madre, ya que la verdadera pesca se seguía llevando a cabo en barquitas pesqueros que arriaban desde la nao capitana. No mucho después, las ballenas francas se habían hecho tan raras alrededor de las costas de Europa que los largos viajes a altas latitudes se convirtieron en cosa corriente. En dichas latitudes hallaron los balleneros premio a su audacia porque descubrieron, dentro del círculo ártico, una nueva especie de cetáceo, la *Balaena mysticetus*, o ballena de Groenlandia, que producía mayor cantidad de aceite que ninguna otra. Durante los siglos XVII y XVIII numerosas flotas de balleneros ingleses, holandeses, franceses y escandinavos se dedicaron regularmente a la pesca de dicha ballena, hirviendo unos el aceite en ciertas costas, como las de Spitsbergen, Jan Mayen e islas de los Osos, reduciéndose otros a embarrilar la esperma cortada para transportarla al puerto de origen donde se la hervía. Durante la primera mitad del siglo XIX comenzó a escasear la ballena de Groenlandia, declinando su pesca, que hacia el final de dicho siglo sólo se mantenía a causa de la demanda y alto valor de las barbas de ballena. Pero la desaparición de la moda de la crinolina y la substitución de las barbas de ballena de los corsets por varillas de acero dieron el golpe final a la industria, de modo que desde los primeros años del presente siglo los balleneros han cesado de navegar por el Artico en busca de ballenas de Groenlandia.

En las costas de Nueva Inglaterra y de Connecticut en Norteamérica se verificó una evolución semejante durante el siglo XVIII en la pesca de los cachalotes (*Physeter macrocephalus*) de los mares templados y tropicales. Durante la primera mitad del siglo XIX una extensa flota de balleneros yankis navegaron por todos los mares, hasta que la Guerra Civil americana y el desarrollo de la industria petrolífera iniciaron la ruina del balleneo norteamericano, que terminó por desaparecer hacia 1910. Los viajes en busca del cetáceo se hicieron más y más largos durante la segunda mitad del siglo XIX, hasta alcanzar una duración de más de cinco años, durante los cuales visitaban los balleneros las regiones árticas y antárticas de los océanos Atlántico y Pacífico en busca de ballenas, navegando además por los trópicos, a la caza de los cachalotes. En estos largos viajes los norteamericanos desarrollaron la técnica de derretir el aceite de ballena en grandes hervideros montados en la cubierta, práctica adoptada después por los balleneros de otras naciones. Se componían dichos hervideros de una serie de calderones construídos sobre hornos de ladrillo que quemaban los despojos fibrosos y grasientos de las capas adiposas, una vez extraído de éstas el aceite.

La pesca de la ballena por el procedimiento del harponeo desde pequeñas balleneras arriadas desde los buques-madres quedaba confinada sólo a unas cuantas especies de cetáceos, principalmente a las ballenas atlánticas y cachalotes, ya que eran las únicas que flotaban despues de muertas. Otras especies mayores no eran vulnerables a esta clase de ataque, debido a ser tan grandes y activas que era muy peligroso acosarlas, y aun enormemente difícil acercarse a ellas, a causa de su gran velocidad. Además, se hundían al morir, arrastrando consigo toda barca que hubiese cometido la temeridad de amarrarse a ellas. La existencia de un gran número de ballenas de enorme tamaño, conocidas genéricamente por Rorcuales, que comprenden el Rorcual común (*Balaenoptera musculus*), la Ballena azul (*Balaenoptera sibaldii*), la Ballena enana (*Balaenoptera rostrata*) y el Jubarte (*Megaptera nodosa*), todas ellas inmunes a los ataques de los balleneros, atrajo la atención de un ingenioso noruego, Svend Foyn, quien, hacia 1860, comprendiendo la necesidad de un método de ataque completamente novel, construyó un gran harpón que se disparaba por medio de un cañoncito montado sobre la proa del vapor ballenero, al que permanecía unido el harpón por una cuerda muy resistente. El uso del vapor permitía conseguir una velocidad suficiente para aproximarse a los rorcuales, mientras que el pesado harpón y el grueso cable eran lo suficientemente fuertes para sujetar a la presa una vez herida. Añadió además una carga explosiva a la punta del harpón, con una espoleta de tiempo que la hacía estallar unos cuantos segundos después de haber penetrado en el cuerpo del animal, con lo que quedaba éste, sino muerto, al menos impotente, en muy pocos minutos. Se hundía, al morir, la ballena; pero era sacada a la superficie por medio de una grua a vapor,

FIGURA 1 – *Vista ventral de un cachalote en una cancha de descuartizamiento, con los edificios de la factoría al fondo.*

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

FIGURA 2 – *Vista dorsal general de una ballena azul.*

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

FIGURA 3 – *Ballena enana en la cancha de descuartizado de Grytviken, Georgia del Sur.*

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

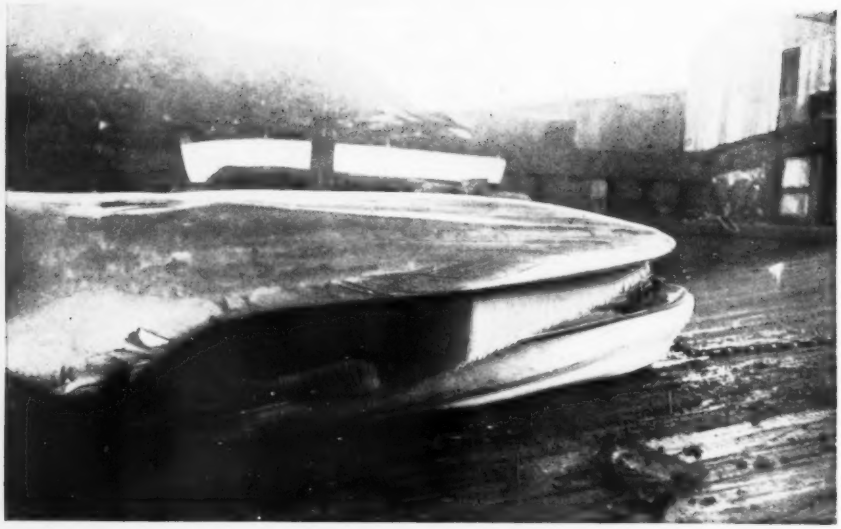


FIGURA 4 – *Cabeza y boca de una ballena enana, mostrando las barbas de ballena, el ojo y la respiradera.*

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

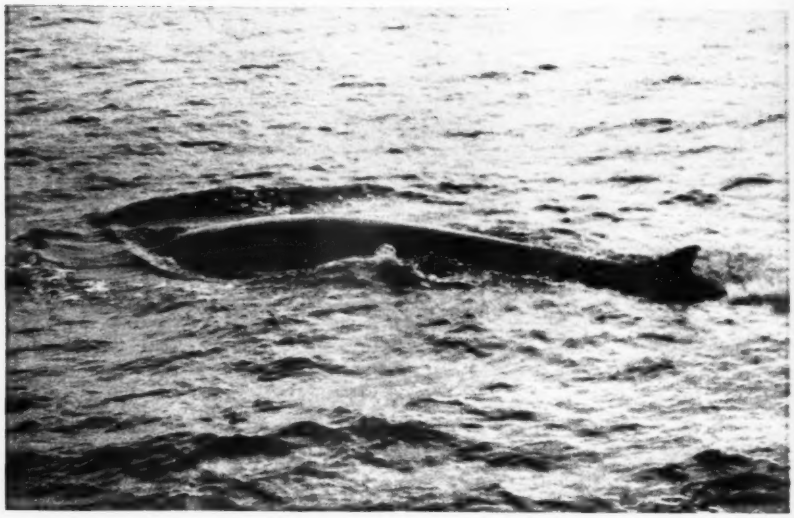


FIGURA 5 – *Ballena saliendo a la superficie. Fotografía tomada desde el* William Scoresby *durante la estación de* 1934–5.

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

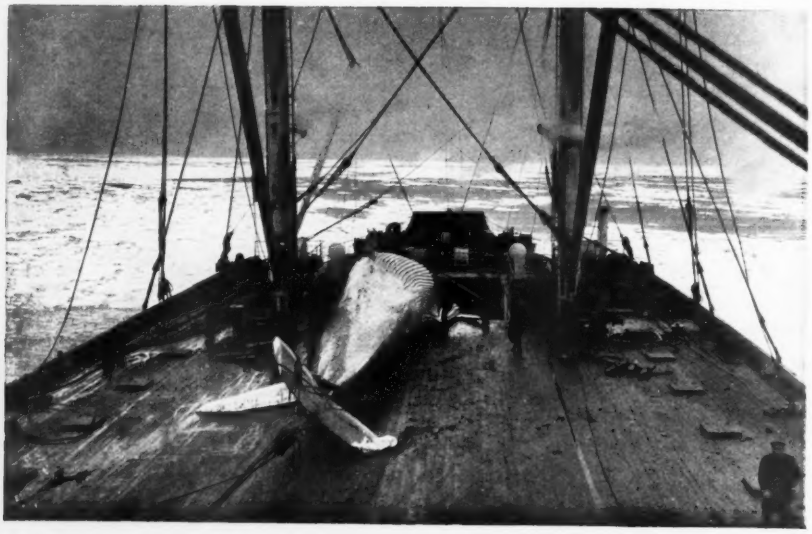


FIGURA 6 – *Arriando una ballena azul por una rampa al puente de descuartizamiento de un buque-factoría.*

(Fotografía reproducida por cortesía del Discovery Committee.)

haciéndose entonces flotar al cetáceo mediante la insuflación de aire comprimido por medio de una manga con una boca puntiaguda que se insertaba en el cuerpo del animal. El cadáver podía así ser remolcado hasta el puerto para su faenación con todas las facilidades de una estación de tierra firme. Este método forma la base de la moderna industria ballenera, utilizándose hoy día en gran escala en combinación con estaciones costeras y factorías en ciertas playas y bahías abrigadas donde se desembarcan las ballenas y se extraen sus productos con la ayuda de maquinaria especial.

La explotación de las riquezas aún vírgenes de los rorcuales requirió el establecimiento de estaciones balleneras en diversas partes del mundo, en las que ocupaban los puestos de responsabilidad marinos noruegos; también se introdujo en los mares tropicales el mismo procedimiento para la pesca de los cachalotes, llegándose a establecer así firmemente una poderosa industria, aunque años más tarde comenzó a hacerse notar en ciertos mares la disminución del número de cetáceos.

A finales del siglo XIX se inició el estudio de la explotación del Océano antártico, la última región del globo que permanecía incógnita. En 1902–3, el *Antarctic*, buque de la expedición sueca al Polo sur, bajo el mando del viejo capitán ballenero C. A. Larsen, observó la abundancia de ballenas en dicho mar y las facilidades que ofrecían muchas de sus islas para el establecimiento de estaciones balleneras. Tras el naufragio del *Antarctic*, regresó Larsen a Sudamérica donde encontró el necesario capital para organizar una expedición ballenera según los métodos modernos, iniciando en 1904 la primera estación ballenera del Antártico en una cueva abrigada de la isla de Georgia del Sur. Abundaban las presas y la iniciativa logró éxito extraordinario, pagándose durante el primer año un dividendo del 70%; la invención del proceso de hidrogenación para la transformación de aceites en grasas había creado una gran demanda de aceites animales en la industria de la margarina y el jabón. Se inició entonces una estampía hacia el nuevo El Dorado, y en muy pocos años se habían establecido en dicha isla y en las Orcadas del Sur y Shetland del Sur, aun más hacia el Polo, numerosas compañias para la explotación de los cetáceos.

El Gobierno británico pudo establecer una serie de regulaciones que ordenaban la industria ballenera con el objeto de prevenir la excesiva explotación de la fauna cetácica y la ruina consiguiente de una de las fuentes más importantes de materias primas del mundo. Dichas regulaciones establecían, entre otras cosas, la necesidad de un permiso para el balleneo, y el arriendo de terrenos para la instalación de las estaciones de faenamiento. Limitaban también el número de vapores cazadores, exigían la utilización total y sin desperdicio del cadaver del animal, prohibían la caza de las ballenas madres y de los ballenatos, y establecían una época definida de veda. Los ingresos derivados de la expedición de licencias, arriendos, y la tasa impuesta sobre la producción de aceite formaron un fondo que se destinó a fomentar los intereses de la industria. Alcanzó al cabo de algún tiempo una suma muy elevada, que ha sido empleada de la manera prevista.

Muy poco después de la iniciación del balleneo en los mares del sur, el Gobierno británico y sus consejeros comprendieron el peligro de repetir los mismos errores cometidos en el pasado en otras partes del mundo, como por ejemplo en el Artico, donde el exceso de pesca había arruinado la antes próspera industria ballenera. En 1920, un Comité Interministerial de Investigación y Desarrollo de las Dependencias de las Islas Falkland determinó que para la racional regulación de la industria ballenera era necesario adquirir completo conocimiento de la vida y costumbres de los cetáceos, con todas sus consecuencias, y recomendaba el inicio sin demora de investigaciones científicas. Se despachó, en consecuencia, en 1925, una expedición científica a bordo del *Discovery*, el viejo navío del capitán Scott, habiéndose llevado a cabo desde dicha fecha hasta hoy día intensa investigación científica por un Comité de Estudios y Descubrimientos utilizando la nave mencionada y luego su sucesora, *Discovery II*, magníficamente equipada para la investigación, y su hermana menor, *William Scoresby*.

Se creía, con anterioridad a los estudios del *Discovery*, que las ballenas crecían muy lentamente, alcanzando una edad muy elevada antes de ser adultas. Uno de los primeros descubrimientos fué el que dichos animales alcanzan la edad adulta rápidamente, midiendo su tamaño total a una edad relativamente temprana. Entre los miles de ejemplares estudiados durante la expedición sólo se halló uno cuya edad excedía de treinta años, mientras que la inmensa mayoría no contaban más que cinco o seis. La Ballena azul, que es el cetáceo de mayor tamaño, puede pasar de los 30 m., cuando adulta; mide unos 8 m. al nacer y crece con gran rapidez, alcanzando una longitud de unos 23 m., a los dos años, cuando es ya capaz de reproducción. El período de gestación dura unos doce meses, y el de amamantamiento unos

seis, transcurriendo otros seis meses antes de producirse un nuevo apareo. La hembra de la Ballena azul produce, por lo tanto, un ballenato cada dos años; la mayoría de éstos nace hacia la mitad del invierno antártico, pero no en las regiones frías del océano, ya que las ballenas tienen migraciones regulares en las que se trasladan hacia el norte, a zonas más templadas, durante el invierno, contando los ballenatos varios meses antes de regresar con sus madres al sur.

La migración meridional durante la primavera y verano antárticos es puramente trófica. El plancton de los mares del sur es muy rico, y se caracteriza por contener enormes cantidades de un crustáceo muy semejante a un langostino — « Krill » o *Euphasia superba* — que forma casi enteramente el alimento no sólo de las ballenas sino también de multitud de focas, pingüinos y otros representantes de la fauna local. Las ballenas se ceban muy pronto con dicho alimento y sus tejidos grasos se hacen más espesos y ricos a poco tiempo de hallarse en las zonas meridionales del Krill.

Se había reunido hacia 1935 tanta noticia acerca de las ballenas, su alimentación, migraciones y los factores hidrológicos y meteorológicos que explican su distribución, que se hacía evidente que la industria ballenera podía basar sus actividades sobre dicho fundamento de conocimientos relativamente exactos. Pero surgió en este momento un nuevo factor que complicó el problema del balleneo, haciendo la aplicación de las regulaciones establecidas totalmente imposible: y era la introducción de la pesca en mar abierto. Durante los años 1925–30, en lo que no se concedieron nuevas licencias para el balleneo, se introdujo la novedad revolucionaria de equipar un buque-factoría que pudiese operar enteramente en alta mar, con toda independencia respecto de los puertos. Se salvaron las múltiples dificultades técnicas de tal empresa, demostrándose las ventajas de poder operar libre de toda regulación, licencia e impuestos, acercándose a las zonas en que la pesca fuera más abundante. Y de nuevo el éxito inicial causó numerosos imitadores, con el resultado de una superproducción tal de aceite que fué necesario suspender las expediciones durante una estación entera, a fin de permitir que el mercado absorbiese el exceso.

El único remedio para tal estado de cosas era un acuerdo internacional, y se convocó, por lo tanto, una conferencia en Londres de todas las naciones interesadas, para redactar las regulaciones de la industria. La cantidad total anual de aceite a producir se decide antes de que las expediciones se hagan a la mar, estableciéndose también la época y las zonas en que se deben pescar las ballenas. Se limita así la pesca a aquellas regiones en las que se hallan los animales en mejores condiciones, prohibiéndose en otras en las que su pesca sería dañina. Se pretendía de este modo conservar una reserva cetácica que permitiese la captura de un número anual de animales sin disminuir la población total, aunque se pudo observar en los registros de pesca que se continuaban matando en excesiva proporción ballenas adolescentes. Todas las naciones interesadas en el balleneo aceptaron dichas regulaciones, con la excepción del Japón, pero Alemania, aunque firmó el acuerdo, no lo cumplió.

El buque-factoría moderno es un gran navío de 20.000 toneladas, o más, con una rampa por la que se arrían las ballenas muertas hasta la cubierta, donde se procede a descuartizarlas y extraer los productos por medio de una complicada maquinaria. Tiene una tripulación de varios centenares, siendo capaz de mantenerse a sí mismo durante un largo tiempo, llevando a bordo todo el combustible necesario para sí y para los pesqueros auxiliares que lo acompañan, para las operaciones de faenamiento y la destilación de las enormes cantidades de agua necesarias. Durante los diez años anteriores a la guerra recién terminada, la pesca anual de ballenas varió entre 24.000 y 44.000 ejemplares, produciéndose entre 400.000 y 540.000 toneladas de aceite.

Durante la primera estación de la guerra, la flota ballenera se hallaba en el Antártico, pero en su regreso hacia los puertos de origen varios buques resultaron hundidos y otros apresados por los alemanes quienes consiguieron, al menos, desembarcar una de sus cargas en Burdeos. La mayoría de los buques restantes se utilizó entonces para el transporte de combustible, perdiéndose en dicho servicio muchos de ellos. Hoy en día se encuentra de nuevo en su tarea una flota disminuída, aunque algunas de sus unidades son nuevas y espléndidas embarcaciones, construídas expresamente para dicho fin. Se espera con interés los resultados de sus operaciones, no sólo a causa de la excasez mundial de grasas y de otros subproductos cetácicos, sino también por su importancia biológica. Ya que las ballenas han gozado de una veda de cuatro a cinco años, cuyo efecto sobre el número de la población y tamaño individual tendrá valor científico grandísimo y fundamental importancia para la industria de la pesca de la ballena.

Revista de libros

LOS MOHOS Y LA INDUSTRIA

An Introduction to Industrial Mycology, *por George Smith. Págs. xvi* + 271. *Edward Arnold, Londres. Tercera edición*, 1946. *Precio neto* 20*s*.

El éxito clínico de la penicilina y de otros antibióticos, la creciente importancia industrial de los procesos de fermentación, y el problema de la defensa de toda clase de instrumental contra los micro-organismos ha causado el cultivo de mohos y el estudio de su metabolismo por toda clase de personas que carecen de conocimiento y preparación para tales materias. Un libro que sirva de introducción a la Micología es, por lo tanto, de evidente necesidad para tales experimentadores, entre los que son quizás los más numerosos los químicos, y el libro del Sr. Smith, práctico en su intención y comprensible para el lector no especializado en Botánica, publicado por vez primera en 1938 y ahora en su tercera edición, viene a satisfacer dicha necesidad admirablemente. De gran claridad, aborda todos los problemas que con toda seguridad ha de plantearse el principiante, y va ilustrado con más de ciento cincuenta fotomicrografías de mérito excepcional. La mitad primera del libro consiste de descripciones e ilustraciones de los géneros más comunes de mohos, ampliándose todos aquellos que presentan mayor interés práctico. Los capítulos restantes van dedicados principalmente al estudio de los métodos de laboratorio y de la importancia industrial de dichos organismos. Además de numerosas referencias bibliográficas contenidas en el texto, el libro ofrece una lista muy útil de los textos generales y publicaciones micológicas.

LAS MARIPOSAS BRITANICAS

Butterflies, *por E. B. Ford. Págs. xiv* + 368, *con* 48 *planchas en color y* 24 *en negro. Wm. Collins Limited, Londres.* 1945. *Precio neto* 16*s*.

Este libro, escrito con pluma sabia y vívida, no es simplemente para el mero coleccionista de ejemplares y sus variedades, sino que servirá para ayudar al verdadero científico a descubrir datos que pueden tener un auténtico valor para el progreso del conocimiento sobre la formación de las especies, aunque sólo se trate de un tema tan agotado como el de las mariposas británicas. El Dr. Ford da por sabidas las acostumbradas descripciones formales, y utiliza la biología de los insectos como base para discusión de varios temas fundamentales. Tres de los catorce capítulos forman una introducción a la teoría de la ciencia genética, materia en la que el autor es conocido especialista de primer orden; su mayor interés estriba en señalar la dirección en la que se pueden llegar a obtener resultados de gran valor. Contiene la obra un estudio muy completo del fenómeno de la variación, y el naturalista se ha de interesar grandemente en el capítulo sobre la evolución en el que se estudia sugestivamente el funcionamiento de la selección natural. El capítulo final trata del origen de la fauna entomológica británica. Contiene la obra una colección única de fotografías en color de cada especie (vivas y en su ámbito natural) que sirve para indicar los puntos que ayudan a su clasificación. Hay además otras muchas planchas en color o en negro, y mapas que indican la distribución precisa de 32 especies.

G. D. HALE CARPENTER

RADIO-RECEPTORES

Radio Receiver Design, Part II, *por K. R. Sturley. Págs. xv* + 486. *Chapman & Hall Limited, Londres.* 1945. *Precio neto* 28*s*.

La parte primera de esta obra fué revisada hace tres años en ENDEAVOUR (1943, **2**, 162). En esta segunda parte el autor continúa el detallado estudio del diseño de receptores, una vez pasado el estadio del detector, incluyendo los controles automáticos de ganancia y los correctores automáticos de frecuencia, así como las características del diseño general de los audio-amplificadores.

La recepción de señales moduladas por frecuencia es el tema de otra sección en la que se cubre una amplia variedad de circuitos de demodulación. Otra sección estudia el diseño de todos los estadios de los receptores de televisión, desde la antena hasta la cubierta, dándose a todas las características especiales de este tipo de recepción un tratamiento apropiado.

Aunque el texto va bien acompañado de fórmulas matemáticas y cálculos, éstos no dificultan la explicación de los principios físicos.

S. JEFFERSON

LA CITOLOGIA NUCLEAR Y LA HERENCIA

Animal Cytology and Evolution, *por M. J. D. White. Págs. viii* + 375. *University Press, Cambridge.* 1945. *Precio neto* 36*s*.

El libro del Dr. White no trata de todos los aspectos de la citología animal sino sólo de los que se hallan estrechamente relacionados con el proceso evolutivo, influyéndolo; y principalmente con la constitución del núcleo, y en particular, la organización de los cromosomas. Se han realizado enormes avances en esta materia desde la aparición del último gran tratado, la obra de E. B. Wilson, *The Cell in Development and Heredity*, aunque muchos de dichos avances han sido estudiados en el libro de Darlington, *Recent Advances in Cytology*. Pero aun esta última está ya algo atrasada, y no sólo incluye datos botánicos aparte de los zoológicos, sino que la intención principal de la misma es tanto la defensa de las teorías de su autor como el simple compendio de los conocimientos en tal materia. El presente libro viene por lo tanto a ocupar una laguna en la literatura científica y ha de resultar valiosísimo como obra de referencia durante muchos años.

Su mérito estriba en la total revisión que realiza de todos los datos obtenidos, reuniendo en forma conveniente muchos de los fenómenos poco conocidos y extraños que se dan en ciertos grupos. Tales ejemplos permiten al Dr. White presentar los puntos débiles de algunas teorías modernas.

C. H. WADDINGTON

EL ANALISIS CRISTALOGRAFICO

Chemical Crystallography, *por C. W. Bunn. Págs. xii* + 422. *Clarendon Press, Oxford.* 1945. *Precio neto* 25*s*.

Durante los últimos años se ha venido a reconocer la creciente importancia de los métodos cristalográficos en múltiples tipos de investigación química, pero su uso general ha sido dificultado debido a la ausencia de conocimiento general de la técnica usada y del fundamento teórico de dicha técnica.

El Sr. Bunn se ha propuesto remediar tal falta y ha escrito — y escrito muy bien — un libro que debe ser muy bien recibido; se presentan en él al lector las ideas y métodos de la cristalografía tal como se los emplea en el estudio de

los problemas químicos. La obra cubre un campo muy extenso, desde la examinación de la morfología de los cristales y los índices de refracción — materia muy valiosa para los procedimientos de identificación de las substancias químicas — hasta el análisis radiográfico de compuestos orgánicos complejos por los métodos de Fourier. Varios capítulos tratan de los métodos de radiografía de polvos, la medida de la dimensión de la unidad celular, y la determinación de la posición atómica, todos ellos ilustrados con gran número de excelentes ejemplos. Se encuentra también la descripción de uno de los más recientes avances en dicha técnica: el uso de los efectos de la difracción óptica para el análisis estructural. Las desviaciones en la estructura y textura de los materiales cristalinos que producen las ensanchadas reflecciones de rayos X están también estudiadas.

Como es inevitable en obra de tal amplitud, el estudio de los problemas individuales no agota cada tema. El estudiante que desee información más detallada hallará una buena guía en la completa bibliografía que se acompaña.

D. CROWFOOT

EL MAR COMO AMBITO VITAL

Recent Advances in the Chemistry and Biology of Sea Water, *por H. W. Harvey. Págs. viii* + 164. *University Press, Cambridge.* 1945. *Precio neto* 10*s.* 6*d.*

En 1929 el Dr. Harvey rindió gran servicio a todos los interesados en el mar como ámbito vital con la publicación de su *Biological Chemistry and Physics of Sea Water.* En la presente publicación, más corta pero no menos valiosa, nos da un resumen de todo el conocimiento adquirido desde entonces. Los progresos realizados en tan breve período, del que se deben descontar los años de la guerra, son muy significativos, a pesar del reducido número de investigadores: un puñado en este país, contados en los países marítimos de Europa, y algunos más en los Estados Unidos. Es de notar que gran parte de dicho trabajo fué iniciado en el Laboratorio de la Asociación de Biología marina de Plymouth por el Dr. Harvey mismo y por los doctores W. R. G. Atkins y L. H. N. Cooper. Nos es suficiente decir que este libro ha sido escrito por un maestro de la materia; muy condensado, tratándose esencialmente de una obra de referencia, aunque en el capítulo último, y el más largo, el lector hallará el estudio más completo de los factores que fundamentan la fertilidad del mar, tema que enlaza los estudios del químico y el biólogo con el problema práctico de la cría de la pesca para la consumición humana.

C. M. YONGE

FLORA Y FAUNA DE LONDRES

London's Natural History, *por R. S. R. Fitter. Págs. xii* + 282, *con* 52 *ilustraciones en color. Wm. Collins Limited, Londres.* 1945. *Precio neto* 16*s.*

El Sr. Fitter ha escrito un libro delicioso, lleno de datos un tanto raros, que cubre un área de unos 30 km. alrededor de la Catedral de San Pablo, en la que, a pesar de la densa edificación, se ofrece ancho campo para un sabio cuyo estudio incluye todas las ramas de la Historia natural. En verdad, la existencia de las casas amplía en cierto modo dicho campo, ya que los animales y las plantas introducidas por el hombre caen dentro del tema de investigación del autor. Y como es natural e inevitable, mucho ha tenido que omitirse; los peces, por ejemplo, sólo son estudiados muy esporádicamente, sin que se mencione siquiera el curioso espectáculo de las gaviotas pescando renacuajos en los depósitos de agua cerca de Molesey para dejarlos caer luego, ilesos en apariencia, sobre los paseos de alrededor.

Los datos van ordenados por períodos, cubriéndose en los seis primeros capítulos desde la época pre-romana hasta la mitad del siglo XIX. Se ocupa luego el autor del período contemporáneo, en el que estudia temas tales como la « naturaleza interior » (piojos, ratas, etc.) las áreas edificadas, la influencia del comercio, del tráfico, del servicio de aguas, de basuras, agricultura, deportes, y, por último, la guerra. Esta última ha producido una notable cosecha de plantas en los solares de las casas destruídas.

IOLO A. WILLIAMS

UNA AYUDA MODERNA PARA LA NAVEGACION

The Gyroscope and its Applications, *edited by Martin Davidson. Págs.* 256. *Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres.* 1946. *Precio neto* 21*s.*

Es hecho sabido por la mayoría que el giróscopo se usa como base de una brújula que no sufre la influencia de la proximidad de cuerpos magnéticos, y que se usa para la estabilización de buques y aeroplanos. El Dr. Davidson ha tenido la excelente idea de publicar un libro, escrito por él mismo y por otros especialistas en la materia, en el que se describe la teoría y práctica de la misma. El editor presenta una reseña, ilustrada con experimentos, de la teoría de la moción giroscópica tan clara como es posible hacerlo sin recurrir a la trigonometría esférica y la dinámica generalizada.

Los capítulos que siguen tienen un carácter más práctico. Los instrumentos marítimos — brújulas, giro-pilotos y estabilizadores — aparecen descritos por G. C. Saul, y los aereonáuticos — indicadores de dirección, de velocidad de viraje, giro-verticales, y pilotos automáticos — por J. A. Wells y A. P. Glenny. Aparecen en ambas secciones grabados y fotografías de los instrumentos. No parecen haber olvidado los autores muchas de las aplicaciones, y el libro debe ser comprensible y de gran interés para todo lector interesado en la mecánica.

J. H. AWBERY

CELULOSA

An Introduction to the Chemistry of Cellulose, *por J. T. Marsh y F. C. Wood. Págs. xi* + 525, *con* 145 *figuras, incluyendo* 23 *planchas. Chapman & Hall Limited, Londres. Tercera edición,* 1945. *Precio neto* 32*s.*

La importancia industrial de la química de la celulosa y la extensa y dispersa literatura que a ella se refiere hacen absolutamente necesaria la existencia de una obra completa y bien documentada, tanto para el investigador como para el técnico productor. Desde la primera aparición de este libro en 1938 han ocurrido numerosos avances en la materia, y en las ediciones sucesivas sus autores incorporaron mucho material nuevo, aunque sin desviarse acusadamente de la forma original.

Lo mismo que en las ediciones precedentes, los autores muestran su notable conocimiento de tema de tanta complejidad y, lo que es igualmente importante, saben expresarse de manera lúcida y legible. El texto va acompañado de completas referencias a monografías originales, y muy bien ilustrado con planchas y diagramas. El resultado es un sumario completo de todo el conocimiento actual sobre la materia, de gran interés para todos los que se ocupen de tema de tanta importancia, sean o no especialistas.